

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování



Procesní optimalizace a údržba výrobní linky
A Procedural Optimization and Maintenance of a Production
Line

Student:

Bc. Michal Hanos

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Hanos**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Procesní optimalizace a údržba výrobní linky**
A Procedural Optimization and Maintenance of a Production Line

Zásady pro vypracování:

V návaznosti na zadané téma řešte problematiku výrobní linky související se změnami technologického procesu po stránce optimalizace a racionalizace výrobního a údržbářského procesu. V rámci zadání zpracujte a proveďte.

1. Rešerši a analýzu dané problematiky v obecné rovině.
2. Ideový a technický návrh řešení procesní strategie výroby a údržby.
3. Konkrétní nejrychlejší aplikaci na danou výrobní linku.
4. Vyhodnocení přínosů jak po kvalitativní, tak kvantitativní stránce ve srovnání se současným řešením.
5. Nastínění dalšího postupu v budoucnosti.

Další potřebná technická specifikace zadání bude provedena v průběhu zpracovávání diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2
- NĚMEČEK, P. a kol. *Vedoucí podniku (podnik v kostce)*. Verlag Dashofer nakladatelství s.r.o., Praha 1996, sv.1 a 2, ISBN 80 – 901859 – 5 – 9
- KREIDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 1.vydání, 408s. , ISBN 80-7300-157-6
- <http://www345.vsb.cz> ŠAJDLEROVÁ, I. *Projektový management* Podklady pro výuku, VŠB-TUO, FS, kat. 345

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat společnosti, současně mému zaměstnavateli, Siemens s.r.o – Odštěpný závod Mohelnice za to, že mi umožnila provést praktickou část diplomové práce a také, že mi propůjčila firemní podklady k dané problematice. Dále děkuji panu doc. Ing. Františku Helebrantovi, CSc. za vedení mé diplomové práce a za cenné připomínky k ní.

Místopřísežné prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....*dne 19.5.2014*

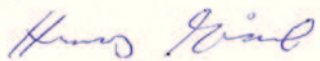
[Signature]
.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 19.5.2014



podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Michal Hanos

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ospělov 42
798 55 Hvozď

Anotace diplomové práce:

HANOS, M. Procesní optimalizace a údržba výrobní linky: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 72s. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku, která se zabývá procesní optimalizací a údržbou výrobní linky. V úvodu nám vyzdvihuje pojem proces, který je nedílnou součástí skupiny činností, a připomíná nám, proč je údržba v dnešní době tak důležitá. První část se věnuje projektovému managementu, jeho obecné rovině a přípravě, plánování a realizaci projektu. V následující druhé části se zaměřuje na opotřebení, jaké druhy se vyskytují a co je způsobuje. Dále na diagnostické metody pro odhalení vzniklých vad nebo pro jejich předejití. Také se zaměřuje na údržbu všeobecně, na její rozdělení a na její jednotlivé systémy. V další části řeší aplikaci procesní optimalizace na výrobní linku. A v poslední části se zabývá údržbou a diagnostikou rizik, které mohou narušit bezvadný stav stroje či výrobku. Závěrem nám zhodnotí celkový stav a dosažené výsledky.

Master Thesis Synopsis:

HANOS, M. A Procedural Optimization and Maintenance of a Production Line: Master Thesis. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2014, 72p. Master Thesis tutor: Helebrant, F.

This Master Thesis focuses on Procedural Optimization and Maintenance of a Production Line. In the introduction attention is paid to the process which is an integral part of a group of activities, and the importance of maintenance nowadays is emphasized. The first part deals with the project management, its general level, and the project preparation, planning and implementation. The following part focuses on wear – what kinds of wear exist and what are the causes. Further in this part diagnostic methods are described how to detect or avoid hidden defects. This part also features maintenance in general, maintenance classification and individual systems of maintenance. Next part presents application of process optimization to a production line. And the last part concentrates on maintenance and diagnosis of risks that might disturb the faultless condition of a machine or a product. Finally, the overall state and the results achieved are evaluated.

Obsah:

	strana
ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	7
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	10
1 ÚVOD	11
1.1 CÍL PROCESNÍ OPTIMALIZACE.....	11
1.2 CÍL ÚDRŽBY.....	11
2 PROCESNÍ OPTIMALIZACE	12
2.1 PROJEKTOVÝ MANAGEMENT	12
2.2 PROJEKT	13
2.3 MANAGEMENT PROJEKTU	13
2.4 PŘÍPRAVA PROJEKTU.....	15
2.4.1 PROJEKTOVÉ FÁZE.....	15
2.4.2 ZÁSADY PŘÍPRAV PROJEKTU	16
2.4.3 HODNOCENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PROJEKTU	16
2.5 PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU	17
2.5.1 ČINNOSTI V PROCESU PLÁNOVÁNÍ	18
2.5.2 PRÁVOMOCI A ZODPOVĚDNOSTI ZA JEDNOTLIVÉ ČINNOSTI.....	19
2.5.3 PLÁNOVÁNÍ NÁKLADŮ	20
2.6 REALIZACE PROJEKTU	21
2.6.1 ŘÍZENÍ REALIZACE PROJEKTU	21
2.6.2 SLEDOVÁNÍ REALIZACE PROJEKTU	21
2.6.3 KONTROLA REALIZACE PROJEKTU	22
2.6.4 HLÁŠENÍ O STAVU REALIZACE PROJEKTU	22
3 ÚDRŽBA A JEJÍ ÚLOHA VE VÝROBNÍM PROCESU.....	23
3.1 SYSTÉM ÚDRŽBY	23
3.2 OPOTŘEBENÍ	24
3.2.1 VZNIK OPOTŘEBENÍ.....	24
3.2.2 ZÁKLADNÍ DRUHY OPOTŘEBENÍ.....	25
3.3 TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA.....	30
3.3.1 TEORIE TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY	30
3.3.2 ZÁKLADNÍ METODY TECHNICKÉ DIAGNOSTIKY	31
3.4 ÚDRŽBA PROCESNĚ TECHNICKÁ ČINNOST	38
3.4.1 ROZDĚLENÍ ÚDRŽBY PODLE RŮZNÝCH HLEDISEK	38
3.4.2 ZÁKLADNÍ SYSTÉMY ÚDRŽBY	40
4 PROCESNÍ STRATEGIE VÝROBY NA LINCE ELMOTEC-STATOMAT	46
4.1 OBECNÝ POPIS ZAŘÍZENÍ.....	46
4.1.1 ÚČEL VÝROBNÍ LINKY	46

4.1.2	STROJE A ZAŘÍZENÍ VÝROBNÍ LINKY	48
4.2	PŮVODNÍ PROJEKT.....	53
4.3	ZMĚNA POČTU PRACOVNÍKŮ NA VÝROBNÍ LINCE.....	54
4.4	ODTRŽENÍ ZBYTKU VÝROBNÍ LINKY OD NAVÍJECÍHO CENTRA	56
4.5	ZMĚNA POČTU ZÁTAHŮ V NAVÍJECÍM CENTRU	58
5	STRATEGIE ÚDRŽBY VÝROBNÍ LINKY ELMOTEC-STATOMAT.....	60
5.1	ZÁKLADNÍ BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ PŘI ÚDRŽBĚ ZAŘÍZENÍ	60
5.1.1	PRÁCE NA ELEKTRICKÉM VYBAVENÍ	60
5.1.2	PRÁCE NA PNEUMATICKÉM VYBAVENÍ	60
5.1.3	PRÁCE NA MECHANICKÉM VYBAVENÍ.....	61
5.2	POČÍTAČOVÁ ON-LINE DIAGNOSTIKA	62
5.3	FMEA.....	66
5.3.1	POSTUP METODY FMEA	66
5.3.2	APLIKACE METODY FMEA NA NAVÍJECÍ CENTRUM.....	66
5.4	ZHODNOCENÍ VÝROBNÍ LINKY.....	69
6	ZÁVĚR	70
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
	SEZNAM PŘÍLOH.....	72

Seznam použitých zkratek a symbolů:

1LA	typová řada elektromotoru
1LG	typová řada elektromotoru
1LE	typová řada elektromotoru
ČSN	Státní technická norma
H90	osová velikost elektromotoru
H100	osová velikost elektromotoru
H112	osová velikost elektromotoru
Hz	Hertz
IE1	účinnost elektromotoru
IE2	účinnost elektromotoru
IE3	účinnost elektromotoru
KW	Kalendarwoche (kalendářní týden)
N	Newton
cca	circa
ks	kusy
např.	například
tzn.	to znamená
tzv.	tak zvaně
viz.	odkaz na jinou věc
%	procento
Ø	průměr
=>	z toho vyplívá

1 Úvod

1.1 Cíl procesní optimalizace

V každé společnosti, neboli v každém podniku existuje celá řada různých činností. Tyto činnosti jsou buď takové, že na sebe nenavazují, jsou samostatné => vyskytují se málo, nebo na sebe navazují, propojují se do tzv. procesů => vyskytují se často. Proces je tedy posloupnost činností určitého systému, který se postupně vyvíjí. Procesně optimalizovat znamená zefektivňovat skupinu navazujících činností, jedná se tedy například o vytvoření úspory (na materiálu, v jednici), o navýšení výkonu, kvality či dostupnosti.

1.2 Cíl údržby

Už od nepaměti my lidé, jakožto inteligentní rozvíjející se tvorové, si chceme svou práci jakkoliv zjednodušovat. K tomu však potřebujeme různé pomůcky či nástroje, které nám umožní tohoto cíle dosáhnout. Vlivem modernizování a rozvíjení různých technických prvků nebo celých skupin, roste bohužel i intenzita a rozsah jejich poruch. Kvůli tomu nám do výrobních procesů, ať chceme či nikoli, musí vstupovat proces údržby.

V dnešní technicky vyspělé době se stala údržba nutností v každé výrobní firmě. V minulosti to bývala údržba tzv. po poruše, jelikož každá společnost chtěla především vydělávat => poskytování jen nezbytně nutných nákladů pro provoz stroje bez ohledu na jeho budoucnost. V dnešní moderní době od tohoto přístupu firmy upouští a klade se důraz především na kvalitu výrobku než na kvantitu => firmy musely přejít k efektivní tzv. plánované preventivní údržbě, která zajistí technicky dobrý a provozuschopný stav výrobního zařízení při vynaložení optimálních nákladů.

Zkušenosti z praxe nám ukazují, že vynaložené náklady na údržbu se firmě vrací ve výrobním procesu => nevzniká jí žádná škoda, ba naopak se z ní stává spolehlivá produktivní společnost na trhu [2].

2 Procesní optimalizace

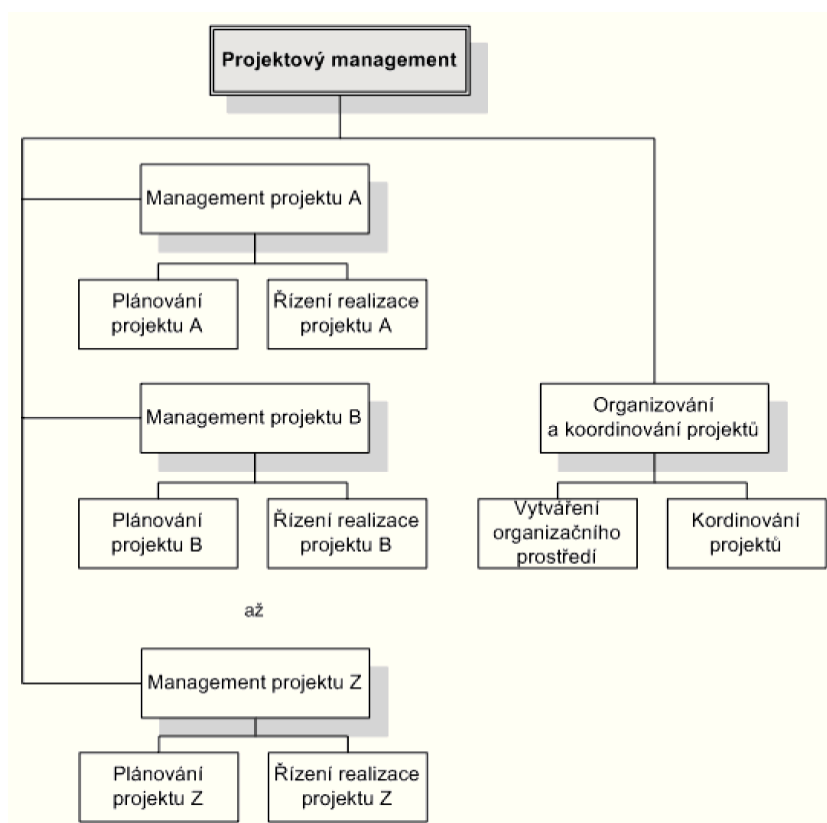
Obecný pojem proces, jakožto kterýkoliv procesní projekt spadá do teorie o managementu - určitý systém řízení, respektive do jeho podskupiny, kterou je Projektový management.

2.1 Projektový management

Je chápán, jako filozofie přístupu k řízení projektu se stanoveným cílem, který musí být dosažen v požadovaném čase, nákladech a kvalitě, při respektování definované strategie, specifické metody pro plánování projektu a řízení jeho realizace.

Je to tedy určitá metodika, která pomáhá při plánování, realizaci a případně kontrole daného projektu.

Projektový management lze také chápat jako určitou nadstavbu jednotlivých projektů [1].



Obr. č. 1 - Schéma projektového managementu [1]

2.2 Projekt

Je to zjednodušený výraz pro dané plánování a řízení náročných skupenství, složených z jednotlivých operací, buď na sebe navazujících, nebo současně probíhajících. Projektem ale není pravidelná práce, kterou je například opakovaná výroba, opakovaný proces.

Pojem projekt lze definovat různými typy formulací, např.:

- „*Projekt je jedinečný proces sestávající z řady koordinovaných a řízených činností s daty zahájení a ukončení, prováděný pro dosažení cíle, který vyhovuje specifickým požadavkům, včetně omezení daných časem, náklady a zdroji*“ [1].

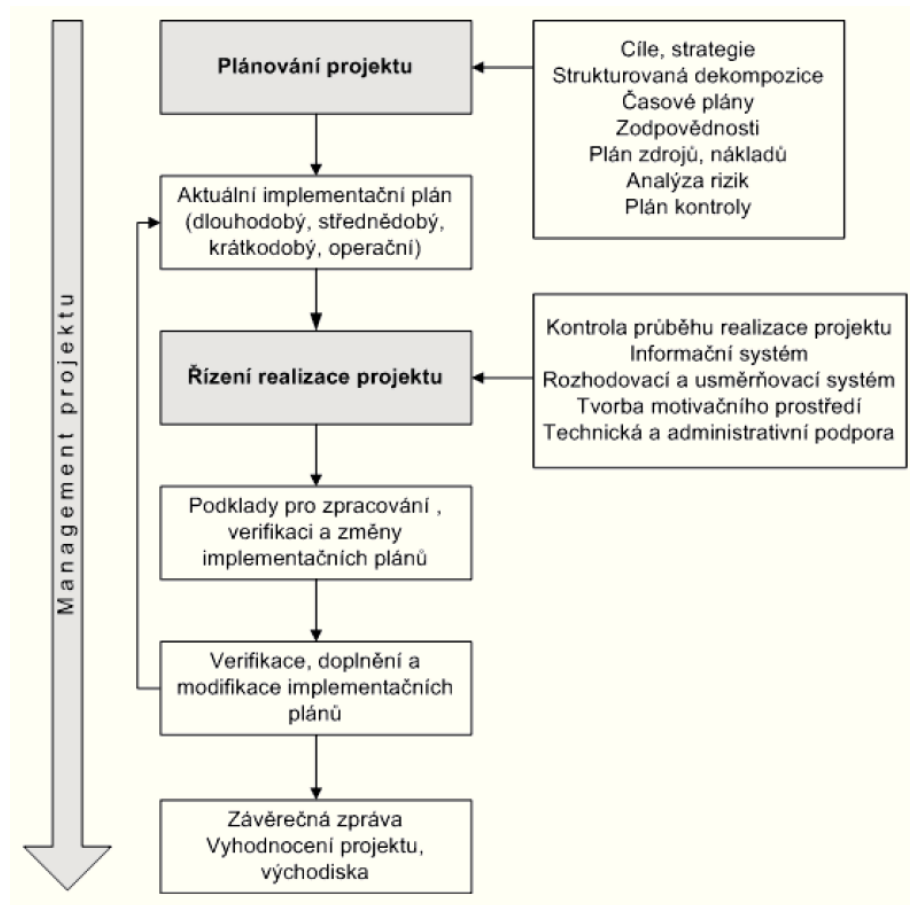
Rozdělení projektů z hlediska jejich druhů:

- investiční
- zavádění nových technologií
- vývojové
- organizační
- humanitní

2.3 Management projektu

Projekty, pro jejich specifickou povahu, se musí řídit za pomoci speciálních nástrojů, které souhrnně označujeme jako management projektu. Ten se dělí do dvou skupin úkonů [1]:

- **plánování projektu** – popis našeho požadavku
- **řízení realizace projektu** – proces, pomocí něhož dosáhneme k realizaci naplánovaného



Obr. č. 2 - Schéma managementu projektu [1]

Rozhodujícím subjektem v konkrétním projektu je:

- **zadavatel** – jedná-li se o malý procesní projekt v malé společnosti
- **management** – jedná-li se o velký procesní projekt ve velké organizaci

Zadavatel nebo management podniku musí řešit podmínky projektu, kterými jsou:

- cíl projektu
- termín ukončení projektu
- rozpočet
- zodpovědnosti a pravomoci
- plánování a odsouhlasení dílčích kroků
- kontroly

2.4 Příprava projektu

Všechny projekty spojuje jejich příprava, do níž se zahrnují veškeré plánovací a řídicí procesy, které musí být vykonány v daném termínu. Projektový manažer zpracovává plány, které obsahují:

- prvky realizace
- projektový tým
- harmonogram
- samotný projekt
- investice

Po vyjasnění a schválení plánů se musí projekt:

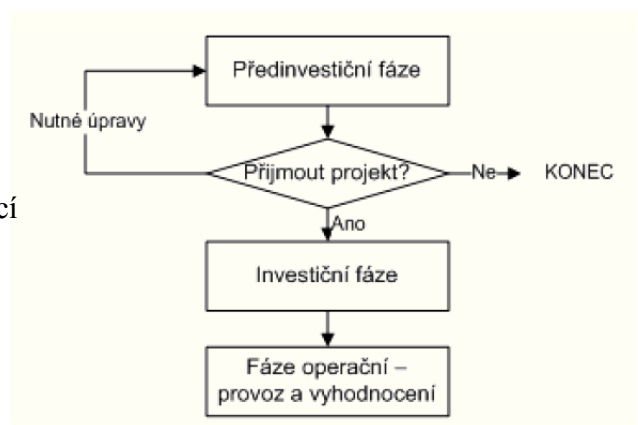
- řídit
- kontrolovat
- vyhodnocovat

2.4.1 Projektové fáze

Projekt, jakožto dynamický neohraničený procesní systém je složen třemi základními fázemi, které se však mohou libovolně rozvíjet.

Základní fáze projektu [1]:

- předinvestiční
- investiční
- provozní a vyhodnocovací



Obr. č. 3 - Fáze projektu [1]

Další fáze projektu [1]:

- iniciační
- koncepční
- návrhová
- prováděcí
- kompletovací

2.4.2 Zásady příprav projektu

Striktním dodržováním stanovených zásad ve všech fázích projektu se pozitivně projeví na úspěšnosti kompletního projektu.

Základní zásady jsou např. [1]:

- kladení podstatných otázek
 - Je cíl reálný?
 - Kdo bude činnost provádět?
 - Jsou důležitější peníze nebo čas?
- mýt na mysli účel projektu
- identifikace vnitřních nebo vnějších účinků
- schvalování jednotlivých fází
- ověřování, nepředpokládat

2.4.3 Hodnocení a ověřování projektu

Po celou dobu běhu projektu se musí ověřovat příslušné realizovatelnosti projektu. Pro objektivní ověřování se využívá řada metod.

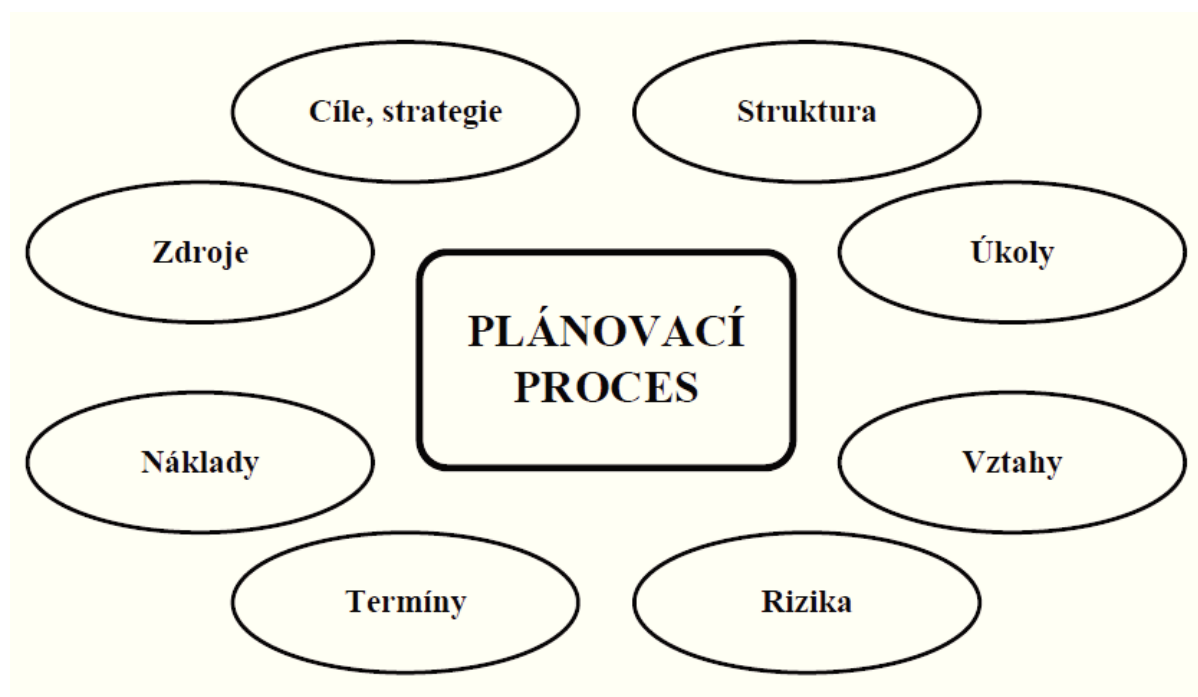
Metody ověřování realizovatelnosti projektu jsou [1]:

- projektové příležitosti
- studie proveditelnosti
- studie financování
- analýza finančního toku
- analýza zisku
- závěrečný rozbor

2.5 Plánování projektu

Tento proces je nedílnou součástí managementu projektu. Plánování projektu, jako užitého procesu, zahrnuje mimo cílů i plánování, jak konkrétních cílů bude dosaženo.

Plánovací proces se týká, viz. Obr. č. 4:



Obr. č. 4 – Podstata procesu plánování projektu [1]

Proces plánování projektu určuje to, co se má, jak se to má, v jakém pořadí se to má a za kolik se to má udělat. Vlastní plánování je popisem toho, co požadujeme, aby bylo vykonáno. Vlastní proces probíhá v logicky navázaných krocích od hrubého po detailní plánování.

Plánování není pouze jednorázovou záležitostí. Je to neustálé vytváření, doplňování, upravování, korigování a aktualizování projektových plánů [1].

Plánovací proces se skládá ze dvou částí:

- **definiční část** – čeho chceme dosáhnout, jakou formou, soupis činností, požadované parametry
- **část popisová a přiřazovací** – zodpovědnosti, pravomoci, termíny, náklady, kapacity

2.5.1 Činnosti v procesu plánování

Tento proces je závislý na celé řadě faktorů, kterými jsou například – cíle projektu, schopnosti manažera, přidělené pravomoci, styl řízení.

Hlavními činnostmi při postupu v plánování jsou [1]:

- tvoření, usměrňování, aktualizace harmonogramu
- tvoření organizačních struktur
- tvoření, usměrňování, aktualizace nákladů a zdrojů
- předvídavost možných vzniků rizik

2.5.2 Pravomoci a zodpovědnosti za jednotlivé činnosti

Jednotlivé části v projektové organizační struktuře mají odlišné pravomoci a zodpovědnosti, existují tedy k jednotlivým činnostem odlišné vztahy.

Nejzákladnějšími vztahy jsou [1]:

- primární vztah
- sekundární vztah
- komunikační vztah (konzultační, informační)

➤ Primární vztah

Tento vztah může mít k dané činnosti pouze jedno spojení, kterým může být například [1]:

- schvalovací pravomoc – nejvyšší forma pravomoci
- řídicí zodpovědnost – pravomoc řídit, vyhodnocovat
- věcné připomínkování – zodpovědnost za danou činnost

➤ Sekundární vztah

Na rozdíl od primárního vztahu může mít k dané činnosti několik spojení, kterými mohou být například [1]:

- spolurozhodovací pravomoc – povinnost vyjádřit svůj názor
- věcná spoluřešitelská zodpovědnost – zodpovědnost za dílčí činnosti
- věcná nepřímá zodpovědnost – zodpovědnost za podpůrné činnosti

➤ Konzultační vztah

Držitel primární zodpovědnosti je zodpovědný za konzultaci daných postupů s držitelem konzultační zodpovědnosti. Konzultant nemůže rozhodovat, protože nemá dostatečné pravomoci [1].

➤ Informační vztah

Tento vztah má jedinou povinnost, a to informovat vybrané subjekty o postupu projektu, jak z hlediska odvedené práce, tak i z hlediska požadavků k provedení práce [1].

2.5.3 Plánování nákladů

Rozpočet nákladů je součástí plánování každého projektu. Hlavním úkolem plánování je co nejpresněji určit maximální náklady, které budou pro danou realizaci zapotřebí. Plánování nákladů je nejvhodnější realizovat ve dvou krocích, kterými jsou [1]:

- plánování celkových nákladů na projekt
- plánování nákladů na realizaci jednotlivých projektových činností

Plánování celkových nákladů se uskutečňuje již v předinvestiční fázi. Současně se zpracovávají alternativy návrhů projektu, ze kterých se vybere nejvhodnější varianta. V nejhorším případě, kvůli vysokému rozpočtu, dojde ke zrušení projektu. Plánování projektu ohrožuje riziko vícenákladů.

Nejhlavnější vlivy, které vyvolávají vícenáklady [1]:

- nepřesně stanovené cíle projektu
- neustálé změny v projektu
- chybné nebo pomalé rozhodování
- nedostatečná kontrola
- okolní vlivy

Plánování nákladů je spojeno se všemi prvky realizování projektu, tedy jsou to náklady vynaložené na [1]:

- realizace činností
- zajištění zdrojů
- plánovací práce
- řídicí práce
- kontrolní činnost
- technická podpora
- administrativa
- externí dodávky
- režijní práce
- školení pracovníků

Rozpočtové náklady se uvádějí v těchto členěních [1]:

- **Přímé náklady** – práce, materiál, poplatky, licence, externí služby
- **Nepřímé náklady** – nájem, odměny, daně, energie
- **Ostatní náklady** – rezervy na rizika, provize, bonusy

2.6 Realizace projektu

2.6.1 Řízení realizace projektu

Zde jsou zařazeny převážně řídicí a kontrolní procesy, jejichž charakter je měněn v závislosti na odlišnosti skutečného průběhu od plánu projektu.

Jednotlivé systémy řízení realizace projektu [1]:

- **Systém kontroly průběhu realizace** – plnění termínů, čerpání nákladů, kvalita provedení prací
- **Informační systém** – identifikace, analýza, vyhodnocování informací
- **Rozhodovací systém** – volba nejefektivnějších variant
- **Systém usměrňování** – soulad plánovaného a skutečného průběhu
- **Motivační systém** – vytváří motivující prostředí
- **Administrativně-technický systém** – výkaznictví, dokumentování, softwarová podpora, administrativa

2.6.2 Sledování realizace projektu

Při realizování projektu se mohou objevovat problémy, ale převážná většina je řešitelná. Důležitá je rychlost a účelnost řešení, to však závisí na daném manažerovi a jeho týmu. Takovéto vzniklé problémy je nejvhodnější řešit na pracovních poradách, které mohou být různého charakteru [1]:

- pravidelné porady

- informační porady
- plánovací porady
- koordinační porady
- řešící porady
- kontrolní porady

2.6.3 Kontrola realizace projektu

Kontrola je proces, při kterém zjišťujeme, ověřujeme a porovnáváme, co bylo vykonáno, co bylo plánováno. Kontrolou a porovnáním plánů se skutečností se dají zjistit možné vzniklé chyby, které se dají případně do nově upravovaných plánů zanést. Proces kontroly probíhá současně s realizací projektu [1].

Různé typy kontrol:

- kontrola plnění termínů
- kontrola zdrojů a nákladů
- kontrola kvality

2.6.4 Hlášení o stavu realizace projektu

V každém plánu projektu by se mělo určit, jakou formou bude probíhat hlášení o stavu realizace projektu (o jeho průběhu či ohrožení). Hlášení mohou být ústní, ale z důvodu požadavku na archivování, je lepší forma hlášení písemná [1].

Základní typy hlášení:

- **Interní hlášení**
 - pravidelná – nadřízenému nebo vrstevníkovi
 - nepravidelná – v okamžiku potřeby

- **Externí hlášení**
 - pravidelná – průběžné informace a o stavu projektu
 - nepravidelná – v okamžiku potřeby

Základní typy formulářů hlášení:

- **Aktualizační formulář** – umožňuje sledování postupu prací projektu
- **Formulář celkové situace** – slouží k popisu celkového stavu prací projektu

3 Údržba a její úloha ve výrobním procesu

3.1 Systém údržby

Zde uvádím, z čeho se při údržbě jako takové vychází [3]:

➤ **Požadavky na provoz**

- maximální čas provozu
- minimální čas údržby
- vysoká bezpečnost
- ekologičnost provozu
- minimální energetická náročnost
- klidný a tichý chod
- minimální investiční náročnost
- minimální zastavěná plocha

➤ **Zásady provozu a údržby**

- návrh vhodných strojů do jednotlivých provozů
- dodržování technologických zásad
- zajištění kvalifikované obsluhy
- zajištění provozuschopnosti zařízení
- zajištění správné údržby
- vylepšování údržby, jako procesu

... zajištěnou provozní spolehlivost nám ovlivňuje:

- schopnost trvale pracovat v tolerancích jednotlivých parametrů
- zachování opravitelnosti zařízení, tzn. mít možnost závady odstranit
- schopnost vydržet krátkodobé přetížení, tzn. odolnost
- schopnost krátkodobě pracovat se sníženými parametry, tzn. životaschopnost
- jednoduchost a nenáročnost údržby

... pomáhají nám k tomu nejzákladnější prostředky:

- precizní dodržování zásad správné údržby a jejich optimální rozložení ve výrobě
- nasazení metod technické diagnostiky do kontrolně inspekční a revizní činnosti strojů a zařízení za účelem zvýšení jistoty a objektivizace rozhodnutí a tím zvýšení prevence údržby
- pravidelné výměny, tzv. kritických uzlů (prvků) na základě sledování jejich provozní spolehlivosti a s podporou nasazení různých metod technické diagnostiky
- nasazení metod tribologie a tribotechniky

3.2 Opotřebení

3.2.1 Vznik opotřebení

Opotřebení vzniká následkem tribologického procesu, který působí v tribologickém systému. Princip je založen na ubývání materiálu z povrchů jednotlivých součástí. K úbytku materiálu dochází vlivem vzájemného pohybu dvou či více součástí nebo při pohybu součásti a určitého média [2].

Vlastní definice je pak dána následně:

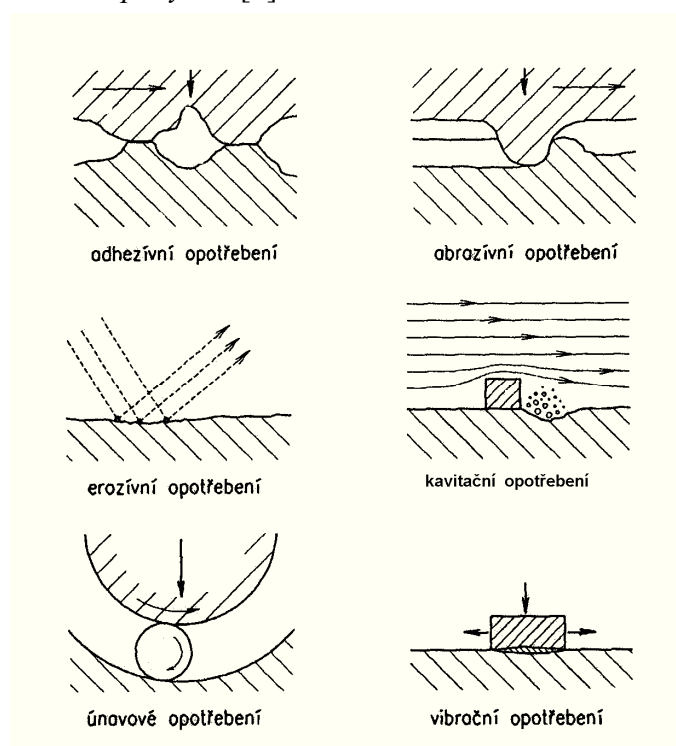
„Opotřebení je v důsledku tření dáno stálou změnou tvaru, změnou velikosti nebo změnou vlastností vrstev materiálů tvořících povrch pevných těles, které vznikla mimo technologicky požadované tvarování nebo mimo požadovanou změnu vlastností materiálu.“

... i když častěji se setkáme s následující podobou:

„Opotřebení je nežádoucí změna povrchů nebo rozměrů pevných těles způsobená buď vzájemným působením funkčních povrchů, nebo funkčního povrchu a media, které opotřebení vyvolá při jejich vzájemném relativním pohybu“ [4].

3.2.2 Základní druhy opotřebení

- adhezivní
- abrazivní
- erozivní
- korozivní
- únavové
- kavitační
- vibrační



Obr. č. 5 - Základní druhy opotřebení [4]

➤ Adhezivní opotřebení

Toto opotřebení viz. Obr. č. 6 vzniká při malých rychlostech a vysokých kontaktních tlacích. Relativním pohybem funkčních povrchů dojde k jejich vzájemnému dotyku. Tento dotyk způsobuje narušení povrchových vrstev, dojde k přímému kovovému styku a vzniku mikrosvářů (vytváření pevných vazeb). Tyto vazby jsou následně porušovány a to vede k přenosu materiálu z jednoho povrchu na druhý povrch, dále

k uvolňování a vytrhávání částic materiálu. Přítomnost maziva mezi těmito funkčními povrchy nám tento negativní proces pozitivně ovlivňuje. Intenzivní forma adhezivních účinků se nazývá zadírání. Poškození se projevuje, jako jemný adhezivní oděr, dále jako studené sváry, rýhy, otvory, nárůstky a také dochází k vylamování nástrojů [2].



Obr. č. 6 - Adhezivní opotřebení

➤ **Abrazivní opotřebení**

Toto opotřebení viz. Obr. č. 7 je následek rozrývání nebo řezání tvrdým drsným povrchem jednoho tělesa do měkkého povrchu tělesa druhého. Podobný účinek nastává při působení volných částic na dané těleso. Volné částice vznikají oddělením z povrchů nebo vniknutím z okolního prostředí (nečistoty). Poškození se projevuje rýhami, mikroskopickými třískami, změnami rozměrů a vyleštěnými místy u strukturovaných povrchů [2].



Obr. č. 7 - Abrazivní opotřebení

➤ Erozivní opotřebení

Způsobuje ho dopadání proudu pevných nebo kapalných částic s vysokou kinetickou energií na povrch součásti. Dle typu dopadajících částic se erozivní opotřebení viz. Obr. č. 8 klasifikuje na:

- opotřebení proudem pevných částic
- opotřebení proudem kapalných částic
- opotřebení proudem kapaliny, ve které jsou obsaženy pevné částice

Když je úhel dopadu erodentu nízký, opotřebení je podobné abrazivnímu. V tomto případě je odolnost proti opotřebení závislá na tvrdosti povrchu materiálu. Vhodným opatřením je použití vysoce křehkých tvrdých materiálů, jako jsou např. keramické materiály. Když je úhel dopadu erodentu vysoký (blíží se kolmému), dochází k plastické deformaci povrchu materiálu a ke křehkému narušení [2].



Obr. č. 8 - Erozivní opotřebení

➤ Korozivní opotřebení

Koroze viz. Obr. č. 9 je negativní výsledek chemické reakce povrchu materiálu s jeho okolím. Míru poškození povrchu materiálu určují (jako je tomu u všech chemických reakcí) reaktivita a kinetika, jsou to funkce koncentrace a teploty. Obecně lze korozi klasifikovat jako oxidaci, korozi v kapalinách, korozi za sucha a korozi pod napětím.

Oxidace je proces, při němž kovové materiály ztrácí valenční elektrony. Ačkoli je ve většině případů spojována s reakcí kovových materiálů za přítomnosti kyslíku, může oxidační proces, ve smyslu ztráty valenčních elektronů, probíhat i u reakcí bez přítomnosti kyslíku [2].



Obr. č. 9 - Korozivní opotřebení

➤ Únavové opotřebení

Toto opotřebení viz. Obr. č. 10 vzniká postupnou kumulací drobných poruch v povrchové vrstvě funkčních ploch součástí. V problémových oblastech vznikají a postupně se rozšiřují mikrotrhliny, po určitém čase dojde k jejich prolínání a vzniku rozsáhlých oblastí. Ty zapříčiní vznik únavového lomu. Únavové poškození vzniká cyklickým namáháním součástí. Pokud se namáhání nachází pod mezí kluzu materiálu, vzniká tzv. vysokocyklická únava, a pokud se namáhání nachází nad mezí kluzu materiálu, vzniká tzv. nízkocyklická únava [2].



Obr. č. 10 - Únavové opotřebení

➤ Kavitační opotřebení

Kavitační opotřebení viz. Obr. č 11 je charakterizované oddělováním částic kovů z povrchů funkčních ploch v místech zániku tzv. kavitačních bublin, při proudění kapalin. Kavitace vzniká na místech, kde se zvyšuje rychlost proudění a důsledkem je snižován tlak kapaliny. Objeví se tedy kavitační bubliny, které jsou vyplněné párou (plynem). Tyto bubliny ulpí na povrchu funkčních ploch a následně zaniknou implozí. V okamžiku zániku bubliny uvnitř kapaliny vznikají rázové vlny, které působí na povrch funkčních ploch naprosto devastujícím způsobem [2].



Obr. č. 11 - Kavitační opotřebení

➤ Vibrační opotřebení

Toto opotřebení viz. Obr. č. 12 vzniká vzájemnými kmitavými tangenciálními posuvy funkčních ploch se spolupůsobením normálového zatížení. Amplitudy kmitavého pohybu však mohou být jen minimálního charakteru, v řádu 1 až 100 μm . Vibrační opotřebení doprovází vznik oxidů železa s typicky hnědočervenou nebo hnědočernou barvou. V praxi se vibrační opotřebení objevuje zejména u valivých ložisek, čepů, nalisovaných spojení náboje, kola a hřídele. I malé budící kmity mohou způsobovat velké vibrace, ty však mohou vznikat buď vlastní prací stroje, nebo vnějším zdrojem [2].



Obr. č. 12 - Vibrační opotřebení

3.3 Technická diagnostika

3.3.1 Teorie technické diagnostiky

Podle některých průzkumů se, vlivem zavedení technické diagnostiky na stroje a strojní zařízení, snižují náklady na opravy a údržbu až o 68% (v případě odstranění plánované periodické údržby), a až o 86% (v případě po-poruchové údržby).

Zavedením technické diagnostiky se snižují náklady na [2]:

- opravy a náhradní díly
- prostoje zařízení
- plánovanou údržbu
- spotřebu energií
- předčasné pořízení nového zařízení

Technická diagnostika se zabývá především nedestruktivními a bez-demontážními metodami pro zjištění technického stavu stroje nebo zařízení [2].

3.3.2 Základní metody technické diagnostiky

- vibrodiagnostika
- tribodiagnostika
- termodiagnostika
- akustická diagnostika
- nedestruktivní diagnostika



Obr. č. 13 - Endoskop-kamera

➤ Vibrodiagnostika

Patří k bez-demontážním metodám technické diagnostiky a to převážně strojních rotačních zařízení. Využívá vibrace, které vznikají při chodu zařízení, ke generování a zpracování informací o způsobu provozu. Vibrodiagnostika je také významným nástrojem moderních prediktivních a proaktivních metod údržby strojních zařízení. Využitím vibrodiagnostiky se údržba strojních zařízení může plánovat podle skutečného stavu. Mnohdy tedy odpadají zbytečné preventivní opravy a to vede k nemalým úsporám náhradních dílů i času potřebného na opravy strojního zařízení. Na monitorovaných zařízeních se prodlužuje perioda odstávek, které je možné plánovat s dostatečným předstihem a také díky lokalizaci problému i s dostatečnou přípravou [2].

Možnosti vibrodiagnostiky [2]:

- zjišťování celkových vibrací (nevývaha, nesouosost, mechanické uvolnění, ohnutý hřídel, rezonance, problémy řemenových převodů)
- zjišťování stavu mazání v kluzných i valivých ložiskách, detekování elektrických problémů na elektromotorech, ověřování stavu ozubení a mazání v převodovkách

- „obálkové technologie“ – odvalováním poškozeného prvku ložiska dochází k nárazům, které vyvolají zvýšené vibrace na frekvenci nárazu, ale hlavně pak na frekvencích rezonančních (10-ky kHz). Cílem obálkových technologií je odfiltrovat a zvýraznit tyto signály od závad v ložisku ve vysokofrekvenční oblasti. Vyhodnocovací software následně dokáže rozlišit, která část ložiska vykazuje poškození (vnější kroužek, vnitřní kroužek, valivé elementy, klec).

Způsoby vibrodiagnostiky [2]:

- periodická pochůzková diagnostika
- jednorázové měření stavu strojního zařízení
- nepřetržité měření (on-line)

➤ Tribodiagnostika

Metoda využívající maziva pro získávání informací o průbězích a mechanických změnách provozních zařízení, ve kterých jsou maziva aplikována. Monitoruje a vyhodnocuje výskyt cizích prvků v mazivu a to jak z hlediska kvantitativního, tak i z hlediska kvalitativního. Zjištěné výsledky nás informují nejen o vzniklých vadách, ale v mnoha případech je dokážou i lokalizovat.

Prací strojního zařízení dochází k opotřebování jeho dílů, uvolňují se částice kovů nebo jejich sloučeniny. Uvolněné částice (nečistoty) jsou mazacím olejem vyplavovány z třecích míst a spolu s olejem cirkulují v mazací soustavě strojního zařízení. S rostoucím opotřebováním strojních dílů se zvyšuje i koncentrace těchto částic. Mění se jejich počet i velikosti i tvary. Problém určení technického stavu strojního zařízení se převádí na zjišťování koncentrace tzv. otěrových kovů ve vzorcích maziva a dochází k porovnání se stavem mezním, určeným ČSN. K vyhodnocování se používá výpočetní technika. Základem je vybrání tzv. reprezentativního vzorku, tzn., že stroj musí být v chodu, nabrání oleje musí být pod povrchem hladiny (cca 10cm) a v požadovaném množství (cca 1 litr) [2].

Rozdělení měřících metod [4]:

I. Sledování stavu opotřebení strojních zařízení

- a) metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů
 - atomová spektrofotometre
 - atomová absorpční spektrofotometre
 - polarografie a voltametrie
 - metoda RAMO
- b) metody pro hodnocení morfoleogie a distribučního rozdělení částic kovů
 - částicová analýza neboli ferografie s vyhodnocením
 - feroskopickým – morfologie a chemické složení
 - ferodenzimetrickým – distribuce vzhledem k velikosti

II. Sledování degradace samotného maziva

- a) aplikace následujících testů
 - kinematická viskozita
 - bod vzplanutí
 - obsah vody
 - číslo celkové alkality a kyselosti
 - Conradsonův karbonizační zbytek
 - kapková zkouška
 - celkové znečištění
 - mechanické nečistoty
- b) spektrální analýza olejů
 - jednoduché zkoušky pro provozní kontrolu maziv
 - standardní zkoušky pro přesné stanovení kvality maziv
 - speciální metody pro celkovou diagnostiku maziv a strojního zařízení

➤ Termodiagnostika

Pracuje na principu využívání teplot jako diagnostických parametrů, které charakterizují stav příslušného strojního zařízení. Aplikováním této metody je používáno lokálních i integrálních hodnot teploty, a ty jsou buď ustálené (střední hodnota, efektivní apod.), nebo časově proměnné (okamžité hodnoty, frekvenční spektra atd.).

Metoda se používá na místech, kde vznikající porucha strojního zařízení způsobuje zvyšování pasivních ztrát, snižování účinnosti nebo vytváření nového tepelného zdroje. Častým příkladem je zvyšování teploty ložisek se stoupajícím opotřebením, lokální teplotní změny na čele trhliny, ohřev intenzivně kmitajících částí strojního zařízení vlivem transformace tlumící energie na energii tepelnou. Dále se aplikuje na poruchy topných těles, výměníků, únik tepelné energie vlivem netěsností nebo nedostatečnou izolací. Na konkrétní zařízení se volí nejvhodnější snímání teploty. Největší uplatnění dosáhlo snímání teploty při použití principu tepelného záření, a to za pomoci pyrometrů, ale i přístrojů zjišťující celkové tepelné obrazy [2].

Rozdělení měřících metod [4]:

a) Dotykové měření teploty (teploměry, termokřídly)

- princip měření je založen na přímém kontaktu s měřeným povrchem. Měřící přístroje se vyrábějí většinou v kapesním provedení, mají dostatečnou přesnost měření a jsou vhodné do provozu. Teplota se vyhodnocuje v digitální podobě (teploměry) nebo zbarvením (termokřídly).

b) Bezdotykové měření teploty (pyrometry)

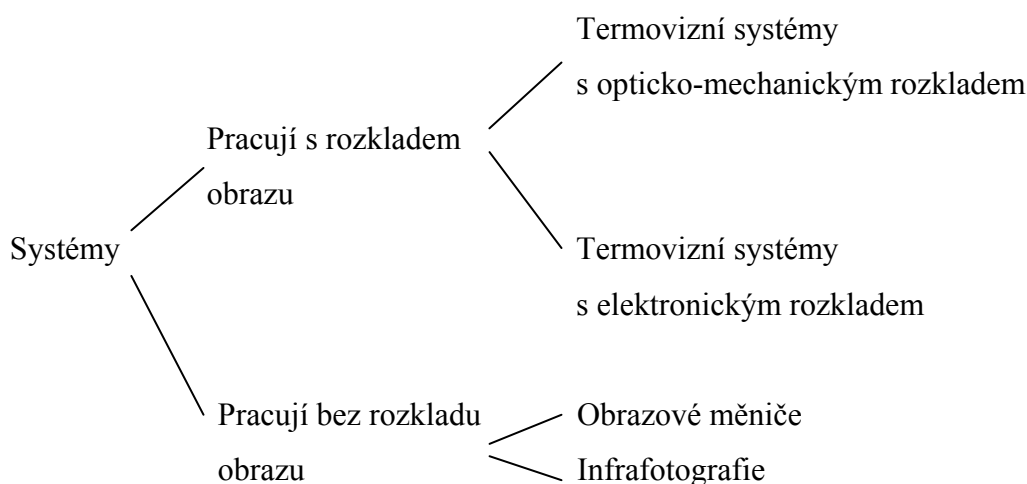
- princip měření je založen na sálení tepla v oblasti infračerveného záření a umožňuje s dostatečnou přesností zachytit měřenou teplotu od absolutního bodu do teploty okolo 1800°C. Používají se dva základní typy pyrometrů (úhrnný – integrující a pásmový).

c) Indikace teplotních obrazů (termovize)

- princip měření je založen na přímém zviditelnění tepelného obrazu. Tepelný obraz se vytvoří objektivem na fotokatodě, která způsobí emisi

elektronů, tyto elektrony prochází elektronovou optikou, která je následně urychlí na rovinu luminiscenčního stínítka, tam se vytvoří odpovídající viditelný obraz.

- Rozdělení systémů snímání teplotních obrazů:



➤ Akustická diagnostika

Tato metoda se zabývá měření hluku, je podobná jako metoda založená na principu měření vibrací. Plyne to ze stejného fyzikálního charakteru obou signálů a identitě jejich zdrojů. Odlišnosti obou metod jsou pouze v logaritmickém charakteru akustických veličin a ve způsobech snímání, cestách šíření a zkreslení signálů na cestě od zdroje k místu měření. Metody založené na měření akustických veličin jsou často uplatňovány jako metody pro seznámení s vlastnostmi stroje, dále jako doplňkové k jiným metodám (vibrodiagnostika), nebo jako řešení technické a hygienické situace na pracovišti [2].

Rozdělení [5]:

Akustickou diagnostiku dělíme do dvou základních skupin

- oblast slyšitelných frekvencí (hluk)
- oblast neslyšitelných frekvencí (ultrazvuk)

Oblast neslyšitelných frekvencí dělíme na metody

- aktivní – snímá emitovaný ultrazvukový signál měřeným objektem
- pasivní – vysílaný signál do objektu je vyráběn generátorem (jsme v oblasti defektoskopie materiálu a měření tloušťky materiálu)

Využití měřících metod:

- zjišťování netěsností a trhlin v pneumatických obvodech
- zjišťování intenzity hluku (vibrace, teplota, mazivo)
- stručný přehled využití ultrazvukové metody
 - diagnostika kluzných a valivých ložisek
 - diagnostika převodovek a rozvodovek
 - diagnostika dielektrik
 - diagnostika turbín, čerpadel, potrubí, ventilových prvků
 - diagnostika otupení obráběcích strojů
 - diagnostika brusných procesů

➤ **Nedestruktivní diagnostika**

Tato diagnostika slouží pro odhalování povrchových a vnitřních vad materiálu, jako jsou například trhliny, vměstky, necelistvosti, dutiny a dále slouží ke zjišťování tloušťek materiálů. Při používání této metody nedochází k porušování kontrolovaného materiálu => nevznikají škody při zkouškách. Nedestruktivní diagnostika je aplikovatelná pomocí nejrůznějších metod [2].

Rozdělení metod:

a) Ultrazvuková metoda

Princip metody spočívá ve změnách prostupnosti a odrazivosti ultrazvukových vln. To je ovlivněno necelistvostmi v materiálu. Ultrazvuk, stejně jako hluk, je mechanické

kmitání částic kolem rovnovážné polohy, které se šíří v pružném prostředí ve frekvenčním rozsahu nad 20 kHz. Pro defektoskopické účely se pracuje ve frekvenčním rozsahu od 100 kHz do 50 MHz, výjimečně až do 200 MHz. Pro testování materiálu ultrazvukem je podstatná hodnota akustického tlaku, ten je úměrný elektrickému napětí na polepech ultrazvukové piezoelektrické sondy [5].

Rozdělení metody zkoušení:

- průchodová metoda
- odrazová metoda

Rozdělení metod podle vysílaných vln:

- impulsové
- spojité

Rozdělení metod podle akustických vazeb:

- kontaktní akustická vazba
- imerzní akustická vazba
- vzduchová vazba

b) Prozařovací (rentgenová) metoda

Princip metody spočívá v prozařování (rentgenové záření, záření gama) materiálu. Záření pronikající do materiálu je tímto materiálem částečně pohlcováno. Intenzita pohlcení záření je závislá na druhu materiálu a na jeho tloušťce. V místě vady (bublina, trhлина, vměstek) je tedy zeslabení záření menší, než je v jeho okolí. Obrisy vzniklé silnějším prozářením vad, jsou pak zachycovány na filmu nebo na obrazovce měřicího zařízení. Při měření se kvůli škodlivému záření musíme chránit, aby nedošlo ke zdravotním problémům. Významné uplatnění této metody je při kontrole materiálů, ale také ve zdravotnictví [5].

c) Elektromagnetická metoda (metoda vířivými proudy)

Je to metoda, kterou je vhodné použít pro povrchové a podpovrchové trhliny kovu, pro lokalizaci a stanovení hloubky koroze kovových konstrukcí a potrubí, pro diagnostiku trhlin v blízkosti nýtovaných spojů. Obrovskými výhodami této metody je výjimečná citlivost i na mikrotrhliny, opakovatelnost diagnózy, vysoká rychlost, možnost detekce trhlin pod lakem a dobrá rozlišitelnost různých typů trhlin. Ale má také jednu nevýhodu, lze použít pouze pro elektricky vodivé materiály [5].

d) Kapilární metoda

Tato metoda se používá pro detekci povrchových trhlin a necelistvostí různých tvarů a velikostí a to ve všech nepórovitých kovových ale i nekovových materiálech, jako jsou například měď, hliník, keramika, sklo a plast. Princip metody spočívá v kapilární elevaci, tzn. v povrchovém napětí kapaliny způsobené kohezní silou. Na materiál se nanese penetrační látka, je-li dobrá její snášivost, pronikne do trhlin. Díky sacímu účinku zbytková penetrace vystoupne na povrch materiálu a pomocí barviva, které je obsaženo v penetraci, se zviditelní vady materiálu. Výhodou je testování na složitých tvarech a zjištění i malých trhlin. Nevýhodou je testování pouze na povrchové vady [5].

3.4 Údržba procesně technická činnost

3.4.1 Rozdělení údržby podle různých hledisek

Údržba, pojatá jako určitý systém, zahrnuje různé prvky, které jsou charakteristické organizačními, hmotnými, finančními a jinými daty. Soubor těchto dat umožňuje v daných podmínkách provádět takovou údržbu, aby se dosáhlo jejího včasného, ekonomického a spolehlivého vykonání [2].

Členění systémů údržby podle následujících hledisek [3]:

➤ **Z hlediska obsahu**

- udržovací (tzv. autonomní) – čištění, ošetřování, základní mazání, apod.
– snižuje rychlost opotřebení
- opravy – opětovné vytvoření požadovaného stavu – odstraňují následky opotřebení
- kontrolně inspekční a revizní činnost (tzv. technická diagnostika, odborné prohlídky, revize vyhrazených technických zařízení) – zjišťuje stav opotřebení

➤ **Z hlediska forem zabezpečení**

- interní údržba – společnost si sama vytváří odpovídající opravárenskou základnu
- externí údržba – dodavatelský způsob provádění údržby (tzv. outsourcovaná)
- servisní údržba – služba metodicko-informačního charakteru, technická pomoc, inspekční opravárenské diagnostické služby

➤ **Z hlediska účinnosti na kvalitu údržby**

- preventivní údržba (tzv. plánovaná) – předchází škodám možné havárie a výpadku výroby
- korektivní údržba (tzv. neplánovaná) – někdy mimořádná, opětovné vytváření požadovaného stavu po poruše, havárii apod.
- proaktivní údržba (tzv. sledovací) – založena na principu sledování mechanického stavu stroje

➤ **Z hlediska organizace údržby**

- decentralizovaná údržba – pracovníci údržby jsou organizačně začleněni do výroby
- centralizovaná údržba – pracovníci údržby jsou soustředěni do jednoho centra

- kombinovaná údržba – údržbu provádí pracovníci výroby, opravy a inspekci provádí pracovníci centrální údržby

3.4.2 Základní systémy údržby

Údržba jako proces je velice rozmanitá, uplatňuje se v mnoha průmyslových odvětvích, které si žádají specifický přístup – údržba musí být tzv. přišita na míru k individuální specifikaci.

Rozdělení údržby do následujících systémů:

➤ Systém údržby po poruše

Firma provozuje výrobu bez velkých nároků a nákladů na údržbu. Během provozu stroje se neprovádí žádná diagnostika. Jen ale do té doby, než nastane porucha nebo havárie strojního zařízení. Tento systém údržby je zcela nevhodný a zabraňuje jakémoliv zavedení systémového řešení údržby. Ve firmách je tento systém použit už jen zřídka a pouze na absolutně nedůležitých zařízeních, které svou poruchou nenaruší výrobu. Výhodou jsou nulové náklady za preventivní plánovanou údržbu nebo technickou diagnostiku, pokud tedy k havárii nedojde [3].

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- opravy po poruše s následným odstraněním problému
- neexistuje a je nemožný plánovaný a systémový přístup
- forma inspekce je založena na zkušenostech obsluhy

➤ **Systém plánovaných preventivních oprav**

Zmiňovaný systém je velmi nákladný a přitom není zcela optimální, je dán pevným časovým cyklem a ne vyskytnutím závady. Výhodou je možnost naplánování odstavení, ale chybí objektivizace technického stavu. Tento systém spočívá v provádění plánované preventivní prohlídky a plánované preventivní opravy po uplynutí předem stanoveného časového cyklu. Cykly se stanovují dle požadavků výroby. Nejvýznamnějším a rozhodujícím ukazatelem je cyklus opravy nebo prohlídky, je definován jako interval mezi pořizováním strojního zařízení a generální opravou. V praxi se vyskytují týdenní preventivky nebo čtvrtletní, pololetní, roční revize a generální oprava [3].

Různé typy označování tohoto systému údržby:

- Systém údržby dle časových plánů
- Systém po preventivní prohlídce
- Systém standardních periodických oprav
- Systém preventivních periodických oprav

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- systém oprav a inspekce je postaven na pravidelných časových intervalech bez ohledu na skutečný technický stav strojního zařízení
- evidují se data o provozu a provozních podmínkách
- existuje aspoň forma řízení údržby a sledování její ekonomičnosti

➤ **Systém diferencované proporcionální péče**

Žádné strojní zařízení výrobního procesu netvoří homogenní soubor, tvoří dílčí soubory různého charakteru, významu, vlastností, životnosti. Z těchto hledisek údržba musí směřovat k diferencovanému přístupu provádění údržby [3].

Součástí této údržby se stanoví:

- stupeň složitosti strojů
- stupeň technické úrovně
- technický stav na základě vjemových znaků opotřebení
- úroveň opravitelnosti (rozsah, náročnost a možnost údržby)

...tzn., že plánování a stanovování údržbářských postupů probíhá na základě diferenciací, preventivnosti, plánovitosti, proporcionalitě, komplexnosti, interaktivnosti. Ve světové technické literatuře se tato údržba označuje jako:

- **Produktivní údržba** (toto označení je pravdivé v dané době, ale ne v dnešní)

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- řízení údržby podle nákladů a poruchovosti
- existuje zpětná vazba z provozu ke konstrukci
- ve světě označována jako produktivní

➤ **Systém diagnostické údržby**

Jako první ze systémů údržby respektuje skutečné technické stavy strojního zařízení, ke kterým jsme objektivně došli pomocí metod technické diagnostiky. K odstávce strojního zařízení dojde pouze výjimečně, a to po dosažení mezní fáze opotřebení (tzn. překročení meze přípustné tolerance). Metodami technické diagnostiky se zjišťuje výskyt a druh poruchy, také lokalizace přesného místa poruchy. Jsou prováděna diagnostická měření metodou kontrolně inspekční v časových cyklech, a to buď na objednání, nebo dlouhodobějším monitorováním. Diagnostická údržba je kvalitativně nový systém údržby, je postavený na údržbě strojního zařízení podle skutečného reálného stavu. Mnohokrát se setkáváme s označením, které je odvozeno od mezního stavu při měření diagnostického parametru, tedy [3]:

- **Mezní údržba**

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- kvalitativně nová generace údržby postavená na skutečném technickém stavu
- vyznačuje se použitím metod technické diagnostiky
- dosti často označována jako mezní údržba

➤ **Systém prognostické údržby**

Tento typ systému navazuje na systém předchozí, respektive je jeho pokračováním. Z naměřených diagnostických hodnot se nevyhodnocuje pouze momentální technický stav, ale na základě moderních trendů se provádí i prognóza (tzn. určení zbytkové životnosti strojního zařízení neboli zbývající čas do nutné opravy). Tento systém údržby lze vykonávat pouze s dokonalou měřicí technikou, pomocí které se zdokonaluje i celé řízení údržby v souladu s požadavky výroby => sladění technologických odstávek s odstávkami pro údržbu. Dosti časté označení tohoto systému bývá [3]:

- ***Systém údržby podle skutečného stavu***

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- využití metod technické diagnostiky a naměřených parametrů k prognóze určení zbytkové životnosti strojního zařízení
- objektivizována kontrolně inspekční činnost metodami technické diagnostiky
- umožňuje řízení údržby v souladu s požadavky výroby a technologie
- umožňuje předcházení havárií

➤ **Systém automatizované údržby**

S nárůstem moderní drahé techniky se na údržbu klade čím dál větší důraz. Ta se blíží hranici lidských možností, protože roste požadavek maximálního výkonu za minimální čas a minimální náklady. Toto byly a jsou důvody pro vytvoření podsystému řízení údržby, který vše řídí v reálném čase. Již z názvu je patrné, že toto řízení se musí provádět za použití výpočetní techniky. V některých literaturách ho můžeme najít pod názvem [3]:

- ***Informační systém k řízení údržby v reálném čase***

Výsledné shrnutí tohoto systému:

- komplexnost řízení údržby s velkou podporou výpočetní techniky (tzv. computerizace údržby)
- řízení údržby v reálném čase (on-line)

➤ **Systém totálně produktivní údržby**

Koncepce je založena na těchto principech [3]:

- maximalizace celkové účinnosti a výkonnosti zařízení vlivem snižováním šesti velkých ztrát (poruchy, chodu naprázdno, zmetků, seřizování, snížené výtěžnosti, ztráty znovu najížděním)
- zlepšení stávající koncepce údržby
- rozvíjení autonomní údržby výrobními pracovníky
- zvyšování dovednosti a znalosti prostřednictvím týmové práce a motivace pracovníků
- kontinuálním zlepšováním zařízení (organizačně apod.)

Ztrátu účinnosti strojního zařízení zavinuje pochybení při odstraňování příčiny problému. Je to ovlivněné tlakem výroby a dalšími omezeními, které brání důkladnému vyšetření poruchy. To vede k myšlence „*všichni jsou zodpovědní za stroj, zařízení, proces*“. Cílem totálně produktivní údržby je především pomoci výrobním dělníkům a

údržbářům, zlepšit výkon výroby, zlepšit čistotu a úhlednost prostředí. Je to tedy systém snažící se o celkovou dokonalost.

Výsledné shrnutí tohoto systému [3]:

- nástroj, který umožňuje a podporuje vylepšování stavu strojního zařízení za účelem zefektivnění výroby a kvality
- proces, který bere výrobu a údržbu jako rovnocenné partnery
- netypická investice do znalostí pracovníků a do organizačních systémů dle používané definice: „*Totálně produktivní údržba je soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje.*“

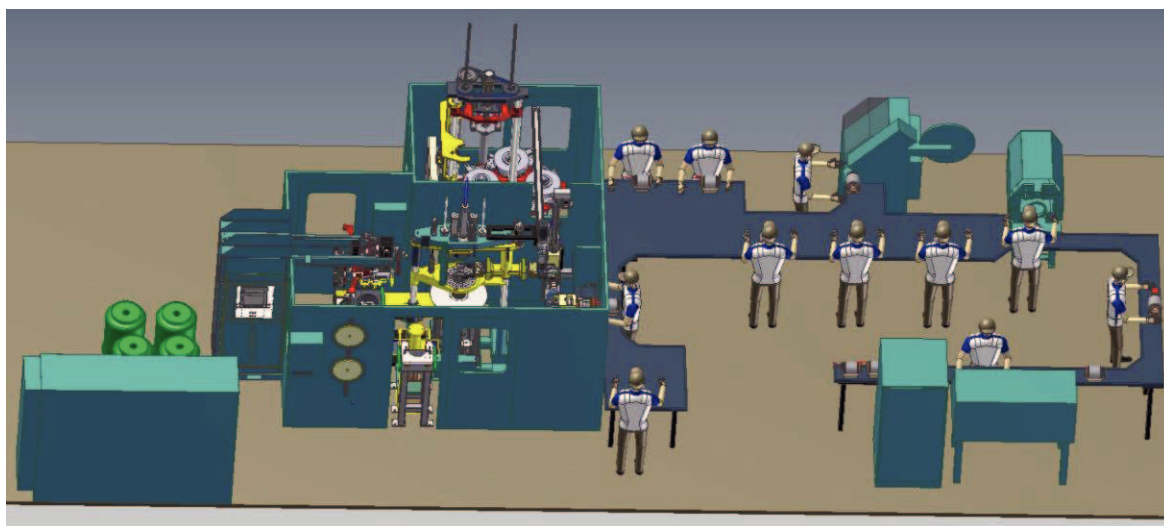
Do tohoto typu údržby řadíme údržbu značenou jako [2]:

- **Prediktivní údržba** – údržbářský zákrok se vykoná tehdy, kdy se očekává porucha strojního zařízení (ani dříve, ani později). Dochází k úpravám výrobních procesů, ale tak aby nedocházelo k nečekaným haváriím => maximalizace provozní doby, než proběhne oprava. Systém prediktivní údržby je vhodný v případech:
 - zařízení je velmi drahé, jedinečné nebo významné pro výrobu
 - neplánovanou odstávkou se způsobí velké problémy ve firmě
 - je složitá výměna náhradních dílů
 - musí se udržet nastavení stroje
 - musí se učinit z organizačních důvodů
- **Proaktivní údržba**
 - soustřeďuje se na příčiny a ne na symptomy opotřebení
 - prostředek pro dosažení úspor, zvýšení účinnosti a výkonnosti nedosažitelných konvenčními metodami údržby
 - znečištění je hlavní příčinou poruch zařízení
 - prvním striktním krokem implementace této údržby je kontrola znečištění mazacích a hydraulických kapalin

4 Procesní strategie výroby na lince Elmotec-Statomat

4.1 Obecný popis zařízení

4.1.1 Účel výrobní linky



Obr. č. 14 – 3D schéma výrobní linky

Výrobní linka viz. Obr. č. 14 dodaná německou firmou Elmotec-Statomat nemalým dílem přispívá k výrobě trojfázových asynchronních elektrických motorů, respektive přispívá k výrobě jejích tzv. „srdcí“, kterými jsou právě statory. Stator je nepohyblivá součást elektrického motoru, je to elektromagnet, je tvořen spaketovanými statorovými vyliisovanými ocelovými plechy, do jehož drážek ve vnitřním průměru se umísťují navinuté cívky, například z měděného drátu. Umístění navinutých cívek do příslušných drážek probíhá dvojím způsobem a to buď časově tedy nákladově náročným ručním vkládáním, nebo výrazně ekonomičtějším strojním zatahováním, tato druhá varianta je i zároveň případ naší výrobní linky.

Uskupení cívek ve statorovém svazku je dáno typem elektrického motoru. Nejzákladnější rozdělení typů elektrických motorů je dle:

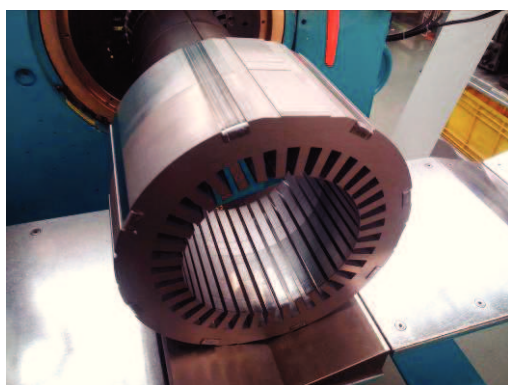
- a) Typové řady (například 1LA, 1LG, 1LE, atd.)
- b) Osově velikosti (například H90, H100, H112, atd.)
 - osová velikost = vzdálenosti osy motoru po kotevní patky

- c) Počtu pólů, nebo také dle počtu pólových dvojic v jedné fázi
- jedna pólová dvojice je tvořena dvěma proti sobě uloženými cívkami, tedy:
 - 2-pólové motory => 1 pólová dvojice (2 cívky) v 1 fázi
 - 4-pólové motory => 2 pólové dvojice (4 cívky) v 1 fázi
 - 6-pólové motory => 3 pólové dvojice (6 cívek) v 1 fázi
 - 8-pólové motory => 4 pólové dvojice (8 cívek) v 1 fázi
 - atd.
- d) Účinnost (například IE1, IE2, IE3, atd.)

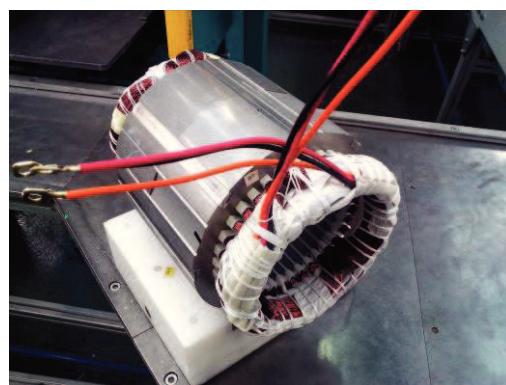
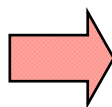
Úkolem této linky, která je složená z několika různých strojů a zařízení od několika různých výrobců, je vykonat v úseku navijárny veškeré výrobní procesy viz. Obr. č. 15 a 16, kromě procesu impregnování. Jsou to tedy procesy od izolování statorového svazku přes navíjení a zatahování cívek až k celkovému dokompletování a zkoušení.

Výrobní linka Elmotec-Statomat byla zakoupena dle kapacitních potřeb v množství tří kusů a s příprakovým vybavením pro tyto typy motorů:

- 1LE H100 2-pól IE2
- 1LE H100 4-pól IE2
- 1LE H112 2-pól IE2
- 1LE H112 4-pól IE2



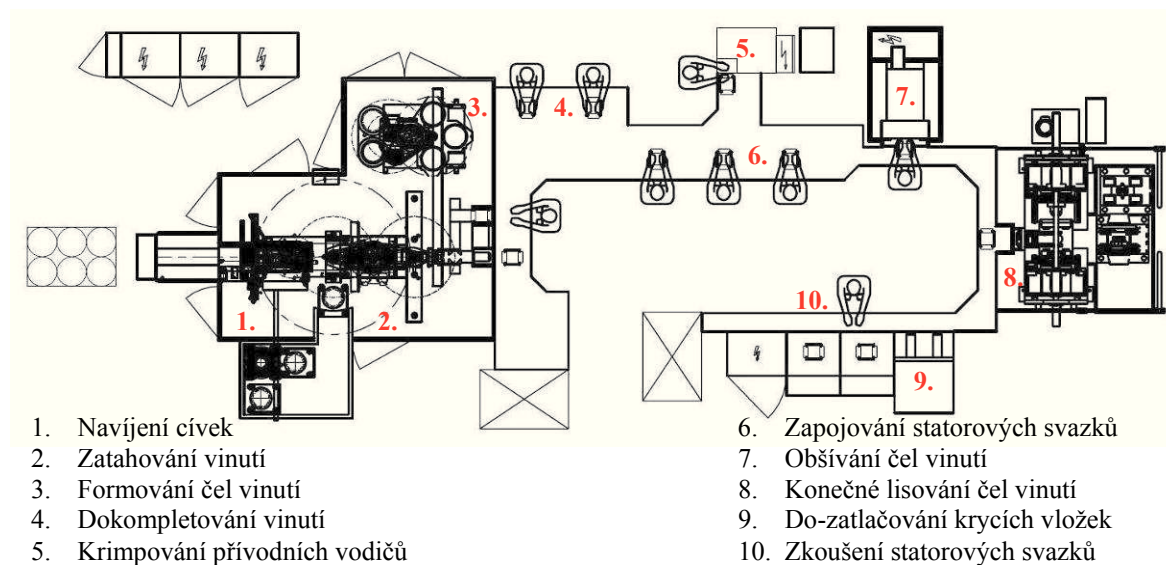
Obr. č. 15 – Surový statorový svazek



Obr. č. 16 – Odzkoušený statorový svazek

4.1.2 Stroje a zařízení výrobní linky

Jak již bylo zmiňováno v předcházejícím textu, linka viz. Obr. č. 17 je složená z několika různých strojů a zařízení od několika různých výrobců.



Obr. č. 17 – Výrobní linka Elmotec-Statomat

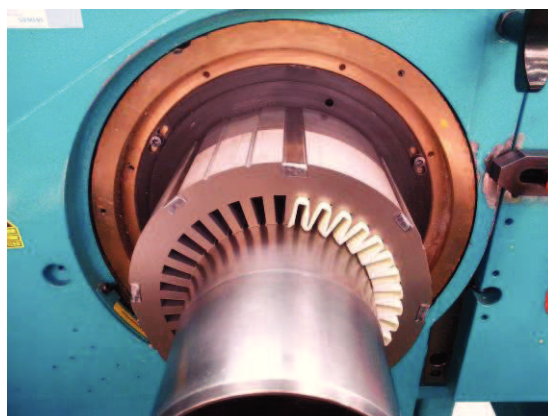
➤ EU 205H

Výrobce: Elmotec-Statomat (Německo)

Pracovní princip: zařízení EU 205H viz. Obr. č. 18 slouží ke vkládání drážkové izolace do surových statorových svazků viz. Obr. č. 19, ta nám zabraňuje kontaktu vinutí se samotným statorovým svazkem, respektive s kostrou elektrického motoru



Obr. č. 18 – Zařízení EU 205H



Obr. č. 19 – Vkládání drážkové izolace

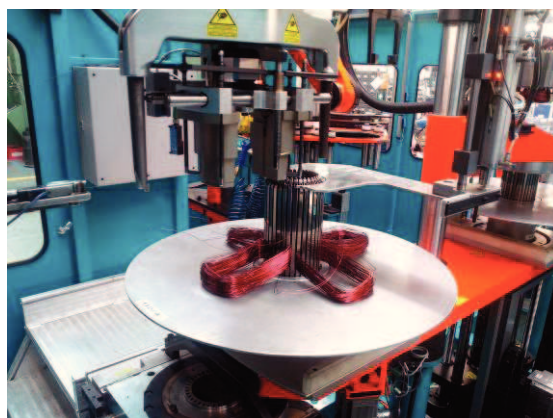
➤ **RWE 1A/200-F1, ZFM 4R-E200**

Výrobce: Elmotec-Statomat (Německo)

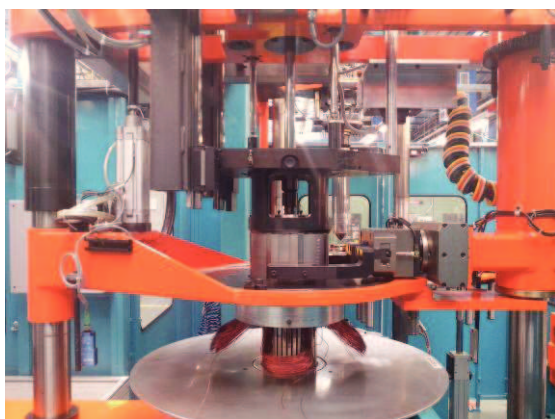
Pracovní princip: toto kompaktní navíjecí centrum viz. Obr. č. 20 je tvořeno třemi hlavními stroji (navíjecí + zatahovací stroj a tvarovací zařízení neboli rozpínací lis). Zařízení RWE 1A/200-F1 slouží k navíjení cívek, respektive cívkových skupin viz. Obr. č. 21 a k jejich zatahování do předem naizolovaných drážek statorových svazků viz. Obr. č. 22. Při zatahování vinutí se současně drážky uzavírají krycími vložkami, aby vinutí bylo od svazku zcela odizolováno. Zařízení je zkonstruováno tak, že zatahuje vždy jednu celou fázi, tudíž tři fázové vinutí musí do svazku zatahovat na třikrát. Před každým zatažením následující fáze musí statorový svazek zajet do zařízení ZFM 4R-E200, které slouží k mezioperačnímu tvarování viz. Obr. č. 23. Uvnitř tohoto zařízení již zatažené cívky „nachystá“ (rozevře) k následujícímu zátahu.



Obr. č. 20 – RWE 1A/200-F1, ZFM 4R-E200



Obr. č. 21 – Navíjení cívek



Obr. č. 22 – Zatahování vinutí



Obr. č. 23 – Tvarování čel vinutí

➤ ESS6

Výrobce: Castech (Itálie)

Pracovní princip: toto termokrimpovací zařízení typu ESS6 viz. Obr. č. 24 slouží ke spojování vývodů cívek, které mohou být tvořeny jedním nebo i několika paralelními měděnými dráty, s přívodním měděným vodičem viz. Obr. č. 25, který povede přímo do svorkovnice elektromotoru.



Obr. č. 24 – Zařízení ESS6



Obr. č. 25 – Krimpování přívodních vodičů

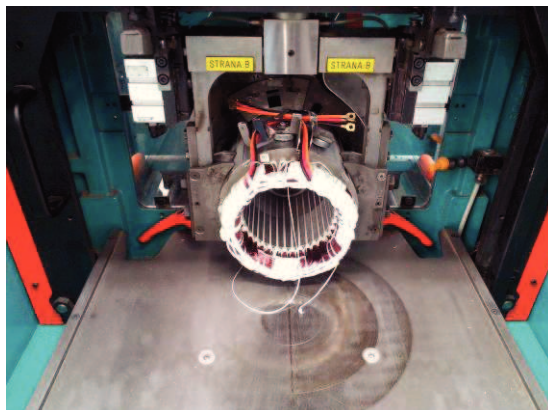
➤ SM1

Výrobce: BS Müller (Německo)

Pracovní princip: SM1 je stroj viz. Obr. č. 26, který, po vzájemném odizolování fází a vložení různých přídatných komponentů do obou čel vinutí, tyto čela speciální tkanicí obšije viz. Obr. č. 27. Obšitím se zajistí soudržnost všech prvků a celková kompaktnost vinutí.



Obr. č. 26 – Zařízení SM1



Obr. č. 27 – Obšívání čel vinutí

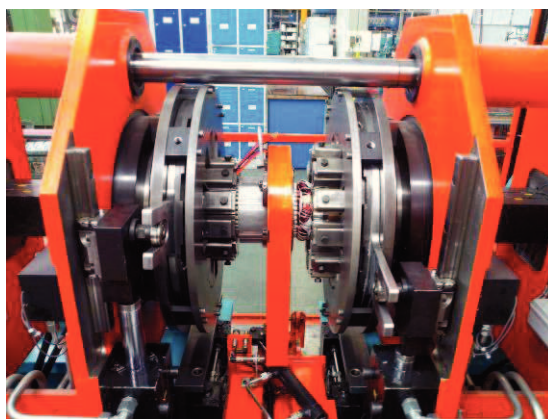
➤ HEM 200

Výrobce: MEZ Stroje (Česká republika)

Pracovní princip: lisovací stroj HEM 200 viz. Obr. č. 28 slouží ke konečnému vytvarování čel vinutí ve statorovém svazku viz. Obr. č. 29. Jedná se o tvarování vnějšího a vnitřního průměru čela a výšky čela vinutí, a to s takovou rezervou, aby i po impregnování byly rozměry dle normy.



Obr. č. 28 – Zařízení HEM 200



Obr. č. 29 – Konečné tvarování čel vinutí

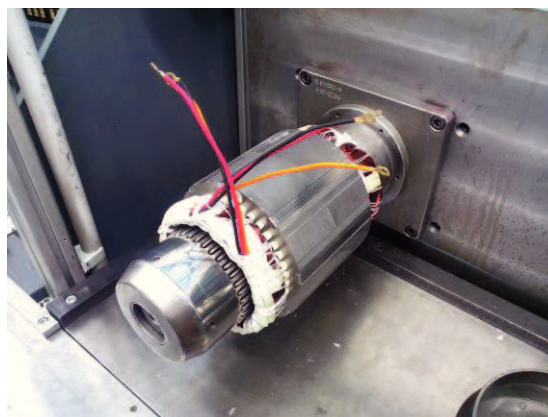
➤ Rozpínací trn

Výrobce: MEZ Stroje (Česká republika)

Pracovní princip: rozpínací trn viz. Obr. č. 30 je pneumatické zařízení, které pomocí lamel do-zatlačí všechny krací vložky viz. Obr. č. 31, aby nezasahovaly do vnitřního průměru svazku a aby se vinutí stalo zcela kompaktní.



Obr. č. 30 – Rozpínací trn



Obr. č. 31 – Do-zatlačování krycích vložek

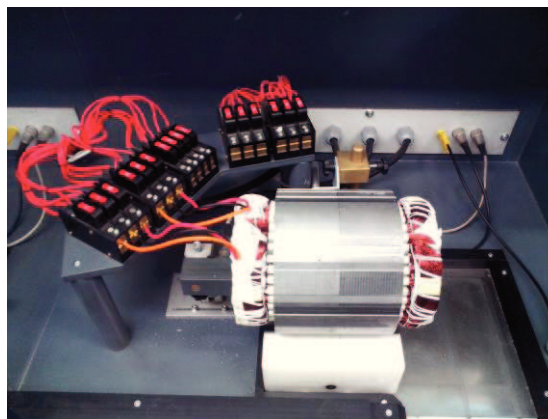
➤ Automatická zkušebna

Výrobce: SPS Electronic (Německo, Česká republika)

Pracovní princip: zkušebna viz. Obr. č. 32 testuje kompletní statorové svazky viz. Obr. č. 33, než projdou impregnační, v automatickém režimu. Na různá provedení statorových svazků lze pomocí softwaru nastavit různé kombinace testů, kterými např. jsou: vysokonapěťový test, odporový test, test směru točení, TE zkouška, zkouška rázovou vlnou.



Obr. č. 32 – Automatická zkušebna



Obr. č. 33 – Zkoušení statorového svazku

4.2 Původní projekt

Jak již bylo zmiňováno v předcházejícím textu, výrobní linka Elmotec-Statomat byla zakoupena dle kapacitních potřeb v množství tří kusů. Tento projekt se řešil v roce 2009, kdy byl navržen, schválen a objednán. Bylo to období, ve kterém vítězil trend pasových linek, tzn. co nejvíce po sobě jdoucích operací seskupených v jednom výrobním toku jedné linky. Tento pasový způsob výroby v jednotlivých linkách si firma mohla dovolit, protože se v této době vyrábělo pouze základní provedení elektrických motorů. To znamenalo, že plánování výroby mohlo do výroby posílat jednotlivé zakázky s množstvím požadovaných kusů cca 100 – 200. Z vyrobených zakázek se část elektrických motorů hned prodala a zbylá část elektrických motorů se na krátkou dobu skladovala.

Pro firmu tento způsob velkosériové výroby byl za daných podmínek, i s využitím skladovacího způsobu, nejekonomičtější. Jenomže v roce 2010 byla firmě změněna strategie kompletní výroby. Na období roků 2011 – 2012 byl naplánován přechod způsobu výroby z velkosériové na speciální zákaznické provedení. To znamená několikanásobný růst typů elektrických motorů a návazně snížení na jednotlivých zakázkách množství požadovaných kusů v průměru na 16. Což je několikanásobně méně, než bylo doposud. V této nové strategii výrobního procesu nelze využít skladovacího způsobu bez nárůstu skladovacích prostor. Upouští se od skladování, ale nelze upustit od maximálního 10-ti denního termínu dodání elektrického motoru zákazníkovi. Proto se volí cesta reagování přímo výroby na zákazníka, tzn. několikanásobný růst seřizování ve strojním technologickém parku.

Změna strategie se samozřejmě dotkla i nově postavených výrobních linek Elmotec-Statomat. Kapacitně byla linka navržena na výkon 120 ks elektrických motorů za jednu 7,5 hodiny trvající pracovní směnu. Nová strategie i samozřejmě čerstvost záběhu nového technologického procesu nám zapříčinila výkon s výsledkem pouhých **46,7 %** z navrženého.

Tímto stavem jsme se automaticky dostali do kapacitních problémů příslušných typů elektrický motorů. Vznikl požadavek – Procesně optimalizovat výrobní linku tak, abychom zvedli její výkon a přiblížili se 100% navrženého výkonu.

Proběhl rozsáhlý Workshop, kterého se zúčastnili zástupci oddělení technologie, výroby a plánování. Výsledkem byly navržená témata, která řešila navýšení produktivity výrobní linky.

Navržená témata:

- Změna počtu pracovníků na výrobní lince
- Je nutné vkládání mezifázové izolace na výrobní lince
- Změna počtu zátahů v navíjecím centru výrobní linky
- Odtržení zbytku výrobní linky od navíjecího centra
- Nákup nové výrobní linky
- Kumulace plánovaných zakázek
- Rozčlenění plánovaných zakázek dle množství kusů

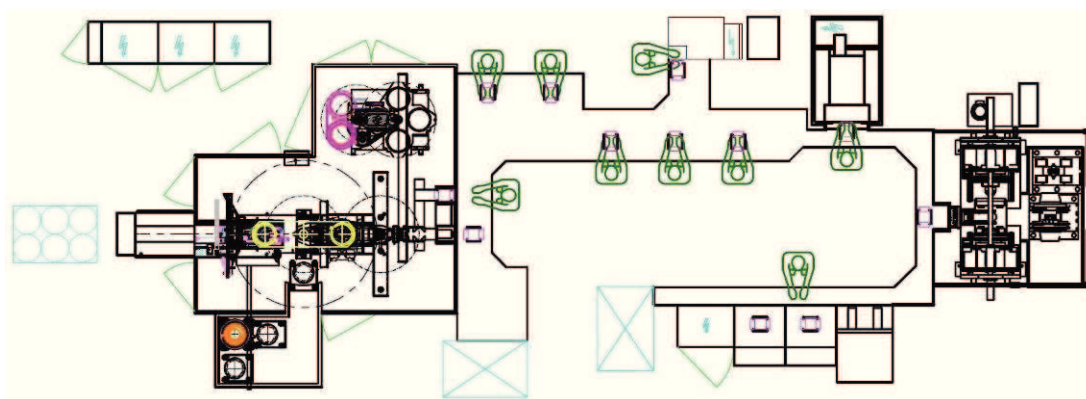
4.3 Změna počtu pracovníků na výrobní lince

Jedná se o navýšení pracovníků na operaci dokompletování viz. Obr. č. 34 a 35, tato operace je přímo závislá s operacemi na navíjecím centru a dohromady tvoří zcela nedělitelnou činnost. Obsluha navíjecího centra neboli strojník sází statorové svazky do navíjecího centra a v taktu mu z něj vyjíždí po jednom zátahu zatažené. Každý tento zátah ve statorovém svazku strojník posílá právě na pracoviště dokompletování, kde dva tamní pracovníci postupně vykonají své činnosti. Statorové svazky s prvníma dvěma zátahy po vykonané činnosti vrací strojníkovi. U třetího posledního zátahu provedou i vklad mezifázové izolace a pošlou na následující operace výrobní linky.

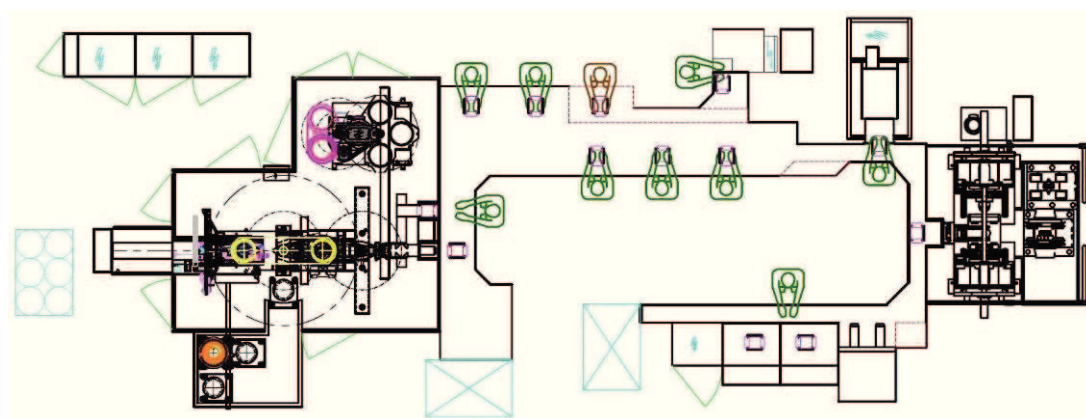
Po krátkodobém zapracování nového technologického procesu byl naměřen výkon linky pouhých 46,7 %. Proběhlo několika denním pozorování toku výrobní linkou, při kterém bylo zjištěno, že sice strojník má velkou časovou rezervu, ale dva pracovníci na závislé operaci dokompletování jsou plně vytíženi. Zbylá pracoviště, kromě malých detailů byla v pořádku. Došlo tedy k nasimulování toku výrobní linkou s navýšeným pracovníkem na operaci dokompletování. Výsledek byl očekávaně pozitivní, výkon výrobní linky se zvednul na **62,5 %** viz. Tab. č. 1.

Výsledky pozorování současného i nasimulovaného stavu, tedy možnost zvýšení výkonu linky byla představena vedoucím technologie a výroby a s následným schválením se mohlo přistoupit k realizaci.

Optimalizací toku výrobní linkou neboli zmiňovaným přidáním pracovního místa pro třetího pracovníka operace dokompletování, přidáním pracovního prostoru u termokrimpovacího, u obšívacího i u lisovacího zařízení se podařilo výkon linky zvednout a také zaměstnancům celkově práci zpříjemnit.



Obr. č. 34 – Vzhled výrobní linky před úpravou



Obr. č. 35 – Vzhled výrobní linky po úpravě

VÝROBNÍ LINKA ELMOTEC-STATOMAT	Průměrný počet vyrobených kusů za směnu	Průměrný výkon linky	Průměrný počet seřízení za směnu	Počet pracovníků dokompletace	Celkový počet pracovníků
Původní navržený výkon linky	120	100%	1 (Ø100-200 ks/zakázku)	2	9 (3+6)
Skutečný výkon linky před úpravou	56	46,7%	3,5 (Ø 16 ks/zakázku)	2	9 (3+6)
Skutečný výkon linky po úpravě 1	75	62,5%	4,7 (Ø 16 ks/zakázku)	3	10 (4+6)

Tab. č. 1 – Přehled navýšení výkonu výrobní linky

4.4 Održení zbytku výrobní linky od navíjecího centra

Nová výrobní strategie spočívající v přechodu z velkosériové výroby na speciální zákaznické provedení a ve spojení s pasovými linkami nám brání v dalším kroku k přiblížení se k 100% původně navrženého výkonu. Navíc tato nová strategie nám na výrobních linkách způsobuje obrovskou ekonomickou ztrátu. Tou jsou prostě celé osádky výrobní linky při seřizování navíjecího centra. Když strojník seřizuje, zbylá část osádky nemá na čem pracovat. Seřízení trvá při změně receptury v průměru 10 minut a při změně polarity nebo osové výšky elektromotoru 45 minut. Nová výrobní strategie nám způsobuje, že těchto seřízení bývá v průměru 7 za jednu 7,5 hodiny trvající pracovní směnu.

Po propočítání četností a doby trvání seřízení ve třisměnném provozu a na třech výrobních linkách, byla tato obrovská ekonomická ztráta oficiálně potvrzena. Výsledky ekonomického přínosu, který vznikne održením zbytku výrobní linky od navíjecího centra viz. Obr. č. 36 a 37, i na úkor financování přestavby dílny, byly tak rentabilní, že vedoucí neváhali a projekt ihned po jeho představení schválili. Mohla tedy začít realizace.

Realizace se tedy týká naplánování održení zbytku výrobní linky od navíjecího centra, co se týče polohy na dílně, časového harmonogramu viz. Tab. č. 2 a sladění se s výrobou a plánováním, tzn. postupné navazování různých přestavbových činností tak, aby se jen minimálně zasahovalo do výkonu výroby na dílně.

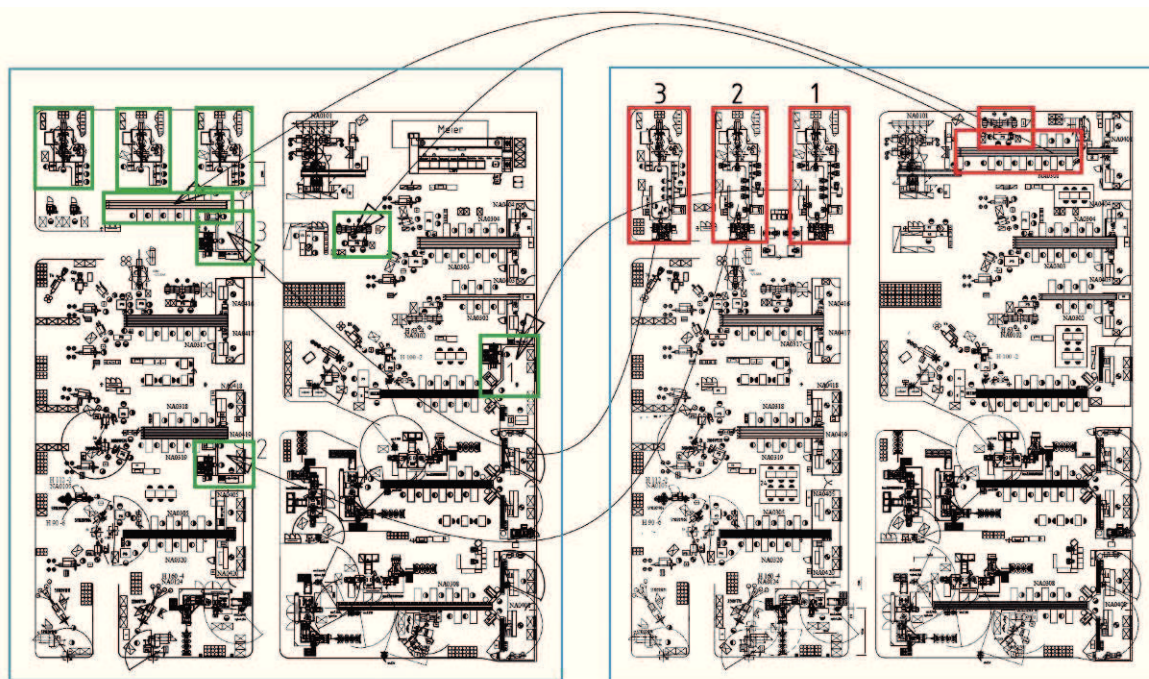
Harmonogram održení zbytku výrobní linky od navíjecího centra:

Popis úkonů	Přesouvané stroje	Leden				Únor				Březen			
		1 KW	2 KW	3 KW	4 KW	5 KW	6 KW	7 KW	8 KW	9 KW	10 KW	11 KW	12 KW
Poptání firem pro realizaci úprav													
Přestěhování vybavení zkušebny za 112 pasem zrcadlově k pasu + výroba ohrádky	Obšíváčka, Pas, Lis, Ježci, Zkušebna												
Přestěhování vybavení Statomat z linky 1 (A) do nové vytvořené zkušebny za 112 pasem + úprava stolů + výroba ohrádky	Obšíváčka, Lis, Ježci, Zkušebna												
Přestěhování vybavení Statomat z linky 2 (B) do zkušebny za 90, 100 pasem + úprava stolů + výroba ohrádky	Obšíváčka, Lis, Ježci, Zkušebna												
Upravení zbylých stolů na linkách Statomat 1, 2 + vyklizení prostoru	Linka 1, Linka 2												
Přestěhování obšívacího stroje	Obšíváčka												

[illegible]

Tab. č. 2 – Harmonogram přestavby

Po odtržení zbytku výrobní linky od navíjecího centra se myšlenkovitě vracíme k jednomu z navržených témat pro zvýšení produktivity, tedy zda je nutné vkládání mezifázové izolace na výrobní lince. Teď když bude navíjecí centrum se závislým pracovištěm dokompletování osamostatněno, není tedy součástí toku výrobní linkou, lze tuto operaci přesunout na standardní pracoviště dokompletování před zapojovací pas. Operace vkládání mezifázové izolace do čel vinutí je ze všech úkonů dokompletování časově nejnáročnější. Po jejím odstranění od navíjecího centra došlo k eliminování potřebné pracovní síly ze třech na jednoho pracovníka dokompletování u stroje. Návazně na tuto změnu lze zvýšit produktivitu strojníka na jeho maximum = zvýšení produktivity navíjecího centra na maximum. Výkon výrobní linky se tedy zvednul na **75,0 %** viz. Tab. č. 3. Současně pozitivním přínosem bylo eliminování seřizovacích prostojů u dalších dvou pracovníků => vznikl další nemalý ekonomický přínos pro firmu.



Obr. č. 36 – Vzhled po úpravě

Obr. č. 37 – Vzhled před úpravou

VÝROBNÍ LINKA ELMOTEC-STATOMAT	Průměrný počet vyrobených kusů za směnu	Průměrný výkon linky	Průměrný počet seřízení za směnu	Počet pracovníků dokompletace	Celkový počet pracovníků
Původní navržený výkon linky	120	100%	1 (Ø100-200 ks/zakázku)	2	9 (3+6)
Skutečný výkon linky před úpravou	75	62,5%	4,7 (Ø 16 ks/zakázku)	3	10 (4+6)
Skutečný výkon linky po úpravě 2	90	75,0%	5,6 (Ø 16 ks/zakázku)	1	2 (2+0)

Tab. č. 3 – Přehled navýšení výkonu výrobní linky

4.5 Změna počtu záťahů v navíjecím centru

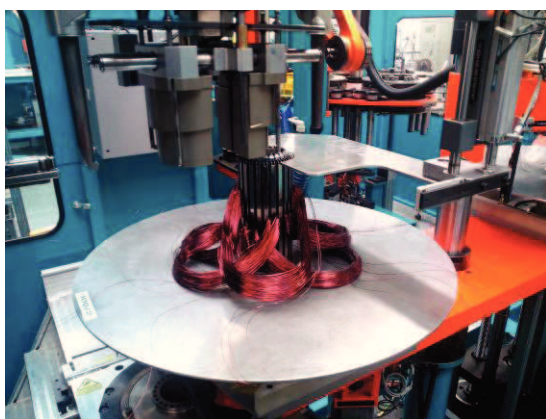
Při zavedené nové strategii výroby, byla firma se současným stavem výkonu navíjecích center v mezích spokojena. Tato spokojenost trvala jen do té doby, než do firmy přišly nové predikce kapacit jednotlivých typů elektrických motorů. Úkol zněl jasně, pokusit se o znovu navýšení výkonu na navíjecích centrech.

Snad už poslední možností, jak dosáhnout zvýšení výkonu navíjecích center, je vyzkoušení zatahování vinutí do statorového svazku na jednu viz. Obr. č. 38 a 39. Po konzultaci s německým výrobcem tohoto zařízení, nastala o něco pozitivnější nálada, projekt zatahování na jednu by se mohl podařit. Došlo k naplánování termínu zkoušek, kterých se zúčastnila technologie a německý specialista přes zatahování vinutí. To vše za podpory výroby a poznámek kvality.

Při naprogramování a celkové simulaci zatahování všech tří vrstev vinutí na jednu, jsme dospěli k výsledkům:

- 4-pólová provedení (1LE H100 4-pól IE2, 1LE H112 4-pól IE2) nelze zatahovat najednou, protože při zkouškách nám zatahovací síly na grafu zatížení vylezly na hodnoty až kolem 21 000 N. Tento nezdar je ovlivněn hlavně velikostí a počtem zatahovaných cívek a také průřezem jednotlivých drátů se kterými jsme se dostali do svěrných pásem.
- 2-pólová provedení (1LE H100 2-pól IE2, 1LE H112 2-pól IE2) lze zatahovat najednou, protože při zkouškách nám zatahovací síly na grafu zatížení vylezly na hodnoty jenom kolem 5500 N. Tato hodnota zatahovací síly je naprosto v pořádku a při zatahování se nám nebudou nadprůměrně opotřebovávat zatahovací přípravky.

Po doporučení německého specialisty, jsme si objednali novou část 2-pólových přípravků, jednalo se o navíjecí šablony a výtlačné tyče, které jsou lépe přizpůsobené způsobu zatahování najednou. Když objednané nové přípravky dorazily do firmy, ihned se nechaly na navíjecí centra namontovat. Po následném vyladění došlo k prověřování nárůstu výkonu navíjecích center. Výkon navíjecích center u 2-pólového provedení se tedy zvednul na **108,3 %** viz. Tab. č. 4. Navíc u zatahování vinutí najednou není zapotřebí, aby se strojníkem spolupracoval jakýkoliv pracovník dokončovací, došlo tedy k dalšímu eliminování seřizovacích prostojů u jednoho pracovníka => vznikl další nemalý ekonomický přínos pro firmu.



Obr. č. 38 – Navíjení cívek pro zatažení najednou



Obr. č. 39 – Zatažené vinutí najednou

VÝROBNÍ LINKA ELMOTEC-STATOMAT	Průměrný počet vyrobených kusů za směnu	Průměrný výkon linky	Průměrný počet seřízení za směnu	Počet pracovníků dokončovací	Celkový počet pracovníků
Původní navržený výkon linky	120	100%	1 (Ø100-200 ks/zakázku)	2	9 (3+6)
Skutečný výkon linky před úpravou	90	75,0%	5,6 (Ø 16 ks/zakázku)	1	2 (2+0)
Skutečný výkon linky po úpravě 3	130	108,3%	8,1 (Ø 16 ks/zakázku)	0	1 (1+0)

Tab. č. 4 – Přehled navýšení výkonu výrobní linky

5 Strategie údržby výrobní linky Elmotec-Statomat

5.1 Základní bezpečnostní opatření při údržbě zařízení

Před zahájením údržbářských činností se musí uzavřít přístup do pracovního prostoru strojního zařízení pro nepovolané osoby. Musí se umístit cedule s nápisem, že se provádí údržba strojního zařízení. Před provedením údržby se musí vypnout hlavní jistič a musí se zajistit visacím zámek, který u sebe bude mít pracovník, který údržbu provádí.

5.1.1 Práce na elektrickém vybavení

Údržbářské práce elektrického vybavení může vykonávat pouze kvalifikovaný pracovník.

- každých 1000-1500 provozních hodin musí probíhat pravidelná kontrola stavu a funkce elektrického vybavení
- volná spojení se musí znovu přitáhnout
- poškozené kabely se musí neprodleně vyměnit
- musí se dbát, aby skříňový rozvaděč byl stále zavřený, přístup má jen kvalifikovaný pracovník
- skříňe nebo kryty rozvaděčů se nemůžou čistit stříkající vodou

5.1.2 Práce na pneumatickém vybavení

Údržbářské práce pneumatického vybavení může vykonávat pouze speciálně vyškolený pracovník.

- musí probíhat pravidelná kontrola stavu a funkce pneumatického vybavení
- všechny netěsné prvky zařízení se musí neprodleně vyměnit
- musí probíhat pravidelná výměna filtračních vložek

- před zahájením údržbářské činnosti se musí z pneumatického vybavení vypustit tlak
- v rámci preventivní údržby se musí vyměňovat hadicové vedení, i když na něm není známka poškození
- po vykonané údržbě se musí zkontrolovat:
 - dotažení všech šroubových spojení, která byla povolena
 - zda všechny materiály a nářadí byly z pracovního prostoru zařízení odstraněny
 - zda bezvadně fungují všechna bezpečnostní opatření

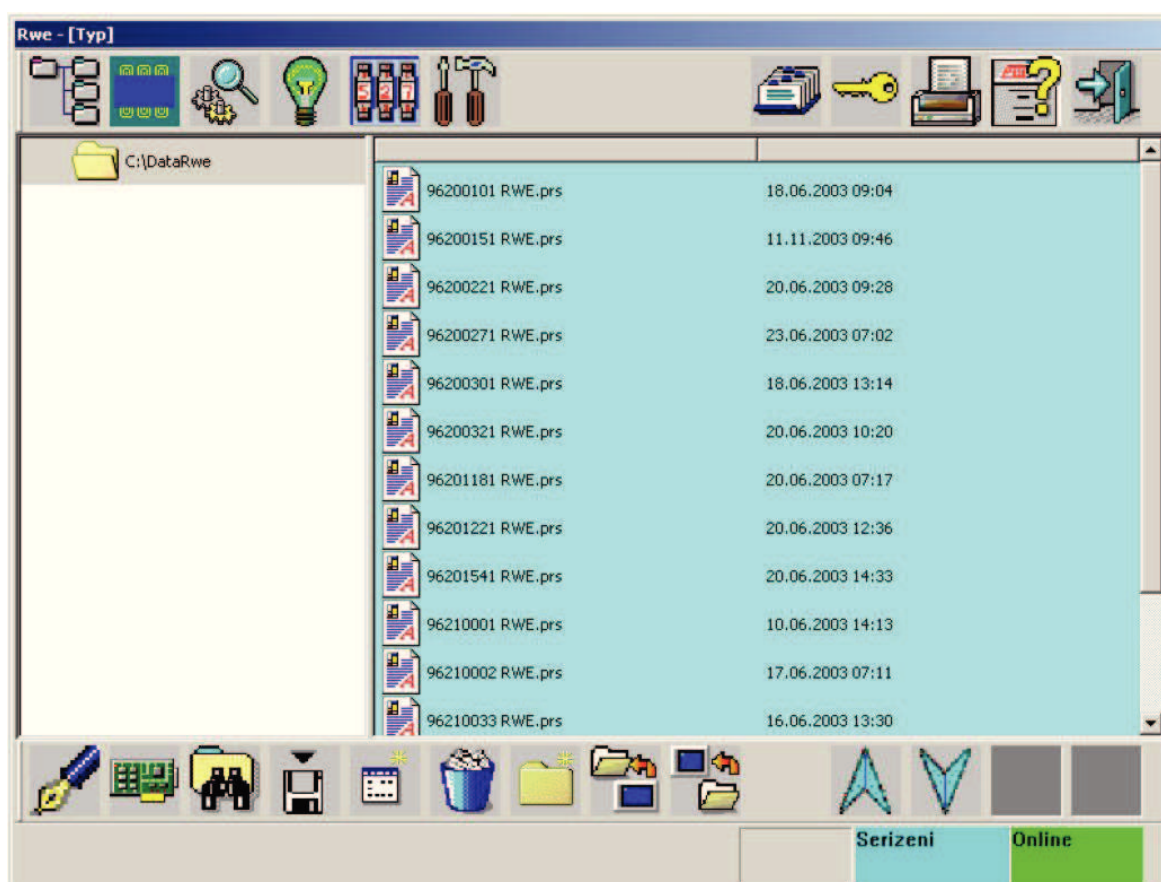
5.1.3 Práce na mechanickém vybavení

Údržbářské práce mechanického vybavení může vykonávat pouze vyškolený pracovník.

- před zahájením údržbářských prací se musí veškeré pohyblivé části stroje zajistit proti pohybu
- před zahájením údržbářských prací se musí veškeré části, kterých se budou pracovníci dotýkat, ochladit na pokojovou teplotu
- při manipulaci s těžkými částmi zařízení se musí použít pouze vhodná manipulační, či zvedací zařízení a vazačské vybavy, které jsou v bezvadném stavu
- po vykonané údržbě se musí řádně odstranit přebytky mazacích či provozních chemikálií, které ohrožují životní prostředí

5.2 Počítačová on-line diagnostika

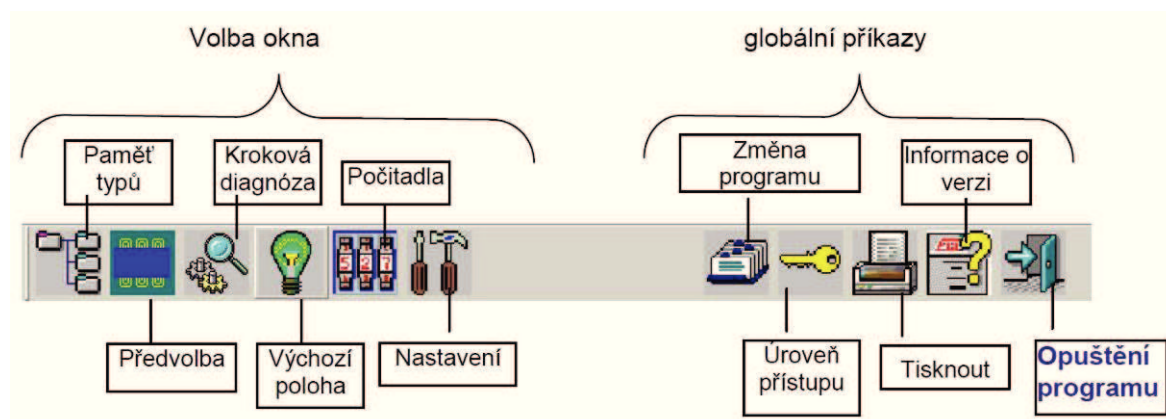
Navíjecí centrum Elmotec-Statomat je vybaveno 58 okruhy hlídacích snímačů, které jsou propojeny s hlavním ovládacím přenosným počítačem. Toto propojení tvoří jednu velkou diagnostiku provozu, ovládání i údržby tohoto strojního zařízení. Počítač má nainstalovaný příslušný program viz. Obr. č. 40, přes jehož grafické rozhraní dovolí obsluze s ním komunikovat. Komunikace probíhá pomocí tabulek nebo grafických obrázků.



Obr. č. 40 – Hlavní menu pracovního prostředí počítače

Horní lišta symbolů v grafickém rozhraní počítačového programu viz. Obr. č. 41 slouží k výběru požadovaného okna a ke globálním příkazům, zatím co na dolní liště symbolů viz. Obr. č. 42 se zobrazují různé příkazy pro zvolené okno. Na stavové liště se zobrazuje stav komunikace se strojem a provozní stav stroje.

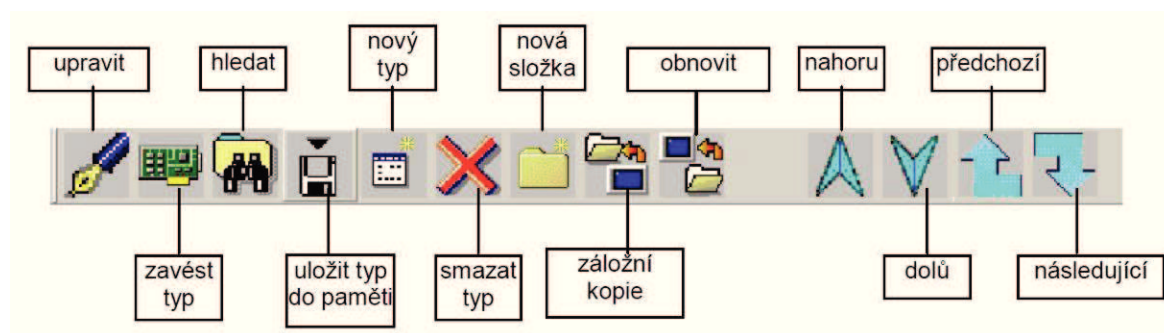
Popis symbolů horní lišty:



Obr. č. 41 – Horní lišta symbolů

- | | |
|---------------------|-----------------------------------------|
| ▪ Paměť typů | ...okno ke správě typů motorů |
| ▪ Předvolba | ...okno pro předvolby parametrů stroje |
| ▪ Kroková diagnóza | ...okno pro diagnostiku závad |
| ▪ Výchozí poloha | ...okno pro zobrazení výchozích poloh |
| ▪ Počítadlo | ...okno pro zobrazení počítadla |
| ▪ Nastavení | ...okno pro zobrazení možných nastavení |
| ▪ Změna programu | ...příkaz pro přepínání mezi programy |
| ▪ Úroveň přístupu | ...příkaz pro změnu možných přístupů |
| ▪ Informace o verzi | ...okno pro informaci o verzi programu |
| ▪ Tisknout | ...okno pro tisknutí nastavení |
| ▪ Opuštění programu | ...příkaz pro opuštění programu |

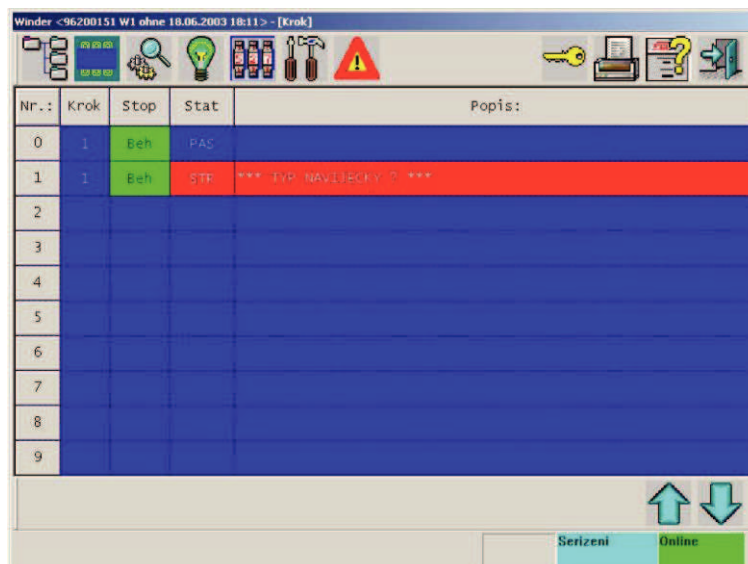
Popis symbolů dolní lišty:



Obr. č. 42 – Dolní lišta symbolů

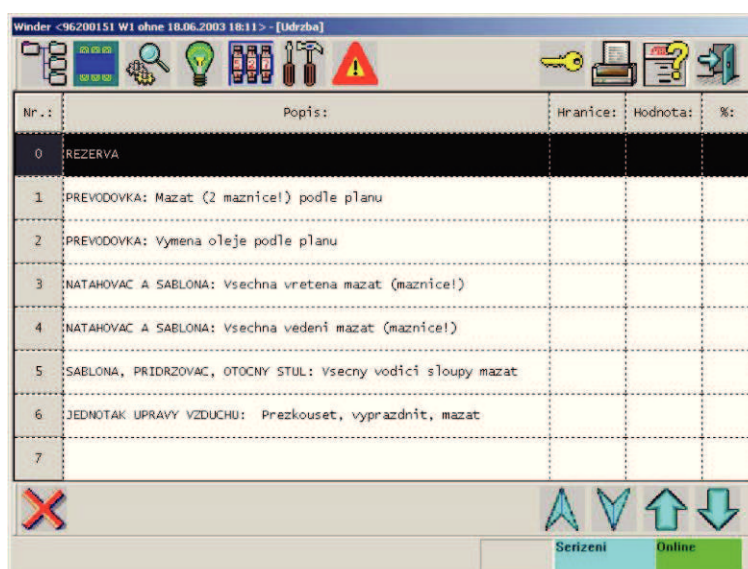
- Upravit ...slouží k úpravě názvu složky nebo typu motoru
- Zavést typ ...slouží k zavedení vybraného typu motoru do stroje
- Hledat ...vyhledává paměť pro určité označení typu motoru
- Uložit typ do paměti ...uloží předvolby právě zavedeného typu motoru
- Nový typ ...zhotoví novou kopii právě zavedeného typu motoru
- Smazat typ ...slouží ke smazání vybraného typu motoru
- Nová složka ...slouží k založení nové podřazené složky v aktuální složce
- Zálohování ...slouží k zálohování všech typů do složky
- Obnovit ...slouží k obnovení typů z jiné složky
- Nahoru ...posouvá výběr složky nebo typu motoru
- Dolů ...posouvá výběr složky nebo typu motoru
- Předchozí ...posouvá k předchozí složce ve stromové struktuře
- Následující ...posouvá k následující složce ve stromové struktuře

Okno diagnostiky viz. Obr. č. 43 slouží ke zjištění příčiny, proč došlo k zastavení stroje v automatickém nebo ručním provozu. Toto okno se rovněž objeví při výskytu podmínek, které provoz omezují.



Obr. č. 43 – Okno diagnostiky

Strojní zařízení je vybaveno počítačly údržby viz. Obr. č. 43. Tyto počítačla registrují, kolik pracovních cyklů mají určité části strojního zařízení za sebou. Došlo k nastavení mezi těchto počítačel, a pokud je dosaženo 90% meze, dojde ke zvýraznění, je-li dosaženo 100% meze, je obsluha vyzvána, aby provedla údržbu na dané části strojního zařízení a poté aby vynuloval počítačlo.



Obr. č. 43 – Okno údržby

5.3 FMEA

Je to metoda, která pracuje na principu analýzy současného stavu, například strojního zařízení. Pracuje s nadefinovanými možnými vadami, které by mohli negativně působit na konečný výrobek, tedy i na zákazníka.

Její síla spočívá ve vytvořeném týmu, který FMEA daného procesu provádí. Tým by se totiž měl skládat z členů z různých oddělení (např. technologie, konstrukce, kvalita, výroba, atd.), aby analyzování i následné posuzování a vyhodnocování bylo bráno z co nejobjektivnějšího pohledu. Členové týmu však danou problematiku (dané strojní zařízení nebo proces) musí dokonale znát, musí tedy být odborníky.

5.3.1 Postup metody FMEA

Postup metody je nastaven následovně:

- postupné analyzování jednotlivých dílčích operací daného procesu
- nadefinování k dílčím operacím možné vady
- přiřazení k možným vadám jejich následky s váhou významu
- popsání příčin vad s četností jejich výskytu
- stanovení jednotlivých opatření
- vypsání míst, na kterých se vady odhalí se stupněm odhalitelnosti
- automatické vyhodnocení rizik vad
- doporučení opatření se zodpovědnou osobou a termínem vykonání
- uskutečnění opatření
- uzavření FMEA

5.3.2 Aplikace metody FMEA na navíjecí centrum

Po procesní optimalizaci výrobních linek a následném „zaběhnutí“ nového technologického způsobu výroby, došlo k prověření navíjecích center metodou FMEA. Vypracovaný formulář nalezneme v příloze č. 1 k této diplomové práci.

Absolvováním metody FMEA nám vyplynuly následující úkoly:

- vytvoření mazacího plánu s rozpisem pravidelnosti
- doplnění kontrolního postupu o několik bodů ke kontrole přípravků, které bude vykonávat obsluha během práce
- vytvoření skladu náhradních dílů pro ty díly, které by měli být skladované, určení jejich minimálního počtu a určení standardu objednávání

➤ Mazací plán

Mazací plán respektive Standart mazání je jednou z částí Autonomní údržby, která kromě něho může zahrnovat i Standart čištění a Kontrolu jednotlivých částí strojního zařízení. Mazací plán navíjecího centra byl vytvořen na popud stanovených úkolů z výsledků absolvované metody FMEA na tomto zařízení. Vypracovaný mazací plán najdeme v příloze č. 2 k této diplomové práci. Dle interní kultury firmy, tedy za pomoci přesně nadefinovaného interního způsobu (například sestavený tým pro vykonání autonomní údržby nebo stanovený formulář), došlo k předělání tohoto mazacího plánu na nový Standart mazání a na Standart čištění.

Tým pro vykonání autonomní údržby se tedy skládal:

- zástupce standardizování Autonomní údržby
- zástupce technologie
- zástupce údržby
- zástupce obsluhy navíjecího centra

➤ Kontrolní postup

Na jednotlivý proces se předepisuje jeden nebo i více Kontrolních postupů, záleží na rozsahu a typu úkonů daných operací. Tyto postupy definuje oddělení kvality, které zároveň ručí za kvalitu jednotlivých komponentů, respektive za kvalitu celého výrobku.

Do Kontrolního postupu týkající se navíjení byly, dle stanovených úkolů z výsledků absolvované metody FMEA na navíjecím centru, doplněny body ke kontrole přípravků tohoto i podobného zařízení.

Rozdělení kontrolních činností:

- kontrola před započítím práce (například kontrola drátu, průvlaků, stroje nebo zařízení, přípravků)
- kontrola během práce (například kontrola navíjení, zatahování, tvarování)
- kontrola po dokončení práce (například kontrola nepodření cívek, kvality výrobku)

➤ Skladování náhradních dílů

Nedílnou součástí udržování strojního zařízení v bezvadném stavu, je i vytvoření skladování náhradních dílů. Došlo tedy k vytvoření skladovacího prostoru, který se nachází co nejblíže navíjecím centrům, aby v případě potřeby (tzn. v době opotřebení spotřebních dílů na přípravcích nebo v době poruchy) byly tyto díly v krátkém časovém horizontu na stroji vyměněny a nevznikaly tak při výměnách nebo údržbách zbytečné ztrátové časy vlivem chození.

Ve skladovacím prostoru jsou na doporučení firmy Elmotec-Statomat skladované pouze nejdůležitější a nejpotřebnější díly. Tyto díly byly rozčleněné dle typů a priorit a také byla stanovena minimální zásoba jednotlivých dílů. Tabulku s rozčleněnými díly i s minimální zásobou najdeme v příloze č. 3 k této diplomové práci. Toto uspořádání nám eliminuje při výměnách nebo údržbách další zbytečné ztrátové časy vlivem hledání.

Dále došlo ke standardizování objednání, tedy když si obsluha navíjecího centra nebo údržba vezme potřebný díl a tím se zásoba dostane na minimální hranici, oznámí tento stav pověřené osobě, která zajistí doobjednání. Tímto jednoduchým principem je zajištěna stálá zásoba potřebných dílů a je tak eliminována dlouhodobá odstávka strojního zařízení.

5.4 Zhodnocení výrobní linky

Následné zhodnocení výrobní linky Elmotec-Statomat bylo provedeno po konzultaci s kvalifikovaným pracovníkem společnosti Siemens s.r.o. – Odštěpný závod Mohelnice po několikaletém provozu.

Výrobní linky jsou v provozu od ledna 2011. Dosud se na nich vyskytnuly tyto závady:

- Nabourání formovacího přípravku AH112 - 4pól a AH100 – 2pól, tyto havárie byly připsány chybně konstruovaným aretačním přípravkům ve formovacím zařízení, kde došlo ke špatnému ustavení statorového svazku a následnému naražení tvarovacího kužele do vychýleného statorového svazku. Tvar aretačních přípravků byl upraven.
- Ztráta funkčnosti zatahovacího zařízení AH100 – 4pól, tuto odstávku způsobila závada na pneumatickém válci. Pneumatický válec byl vyměněn.
- Ztráta funkčnosti přenosných dotykových PC-panelů AH100 – 2pól, AH100 – 4pól, AH112 – 2pól, AH112 – 4pól. Přenosné dotykové PC-panely byly postupně vyměněny.
- Porucha měřícího kolečka na podavači pásy pro krycí vložky AH112 – 4pól. Měřící kolečko bylo vyměněno.
- Ztráta funkčnosti elektrických měničů v řídicím systému navíjecích center AH100 – 4pól a AH112 – 4pól. Měniče byly vyměněny.
- Nejčastější projev opotřebení vzniká na zatahovacích přípravcích (vodící a zatahovací tyče vinutí), výjimečně na zatahovací hvězdě – hříbku a formovacích přípravcích (lamely trnu). Opotřebení je mechanické – podřetí. AH100 – 2pól, AH100 – 4pól, AH112 – 2pól, AH112 – 4pól. Pokud jsou díly opotřeбенé trochu, dají se přešetřit. Pokud jsou podřetené hodně nebo jsou prohnuté, vylomené, musí se vyměnit za nové.

6 Závěr

Touto prací jsem chtěl poukázat na složitost procesu, jakožto skupiny na sebe navazujících nebo navzájem propojených různých činností. Existuje mnoho podob procesu, které však mají, jak jsem podotýkal, téměř totožný průběh. Musí se složit tým specialistů, který daný proces nejprve připraví, poté probíhá jeho plánování, kde důležitým nástrojem je vypracovaný harmonogram s jasně stanovenými úkoly, jejich termíny a zodpovědností. Po důkladném naplánování všeho potřebného se přechází k samotné realizaci, tu je zapotřebí řídit, sledovat a kontrolovat. Já jsem vyzdvihnul hlavně ten proces, který se zabývá optimalizací, protože jsem ho aplikoval v projektu navíjecích linek. Tento projekt, kde hlavním úkolem bylo zvýšení počtu vyrobených kusů ze stávajícího 46,7 % výkonu ke 100 % výkonu bez snížení nároků na kvalitu, dopadl po několika etapách pozitivně. Tedy u 4-pólových provedení jsme se dostali na 75,0 % výkonu a u 2-pólových provedení na 108,3 % výkonu.

Současně se strategií procesní optimalizace navíjecích linek, jsem se věnoval i strategii údržby na těchto linkách. Na údržbu se totiž už dávno nepohlíží jako na zanedbatelnou činnost, obsahující nějaké to čištění, mazání a nanejvýš opravení poškozeného dílu strojního zařízení, ale pohlíží se na ni jako na soubor činností, které mají zabránit poškození, popřípadě když k poškození už došlo, tak mají zkoumat jeho příčiny, aby se zabránilo opakování. Nejprve jsem obecně předvedl možnosti a dovednosti údržby i technické diagnostiky, které se díky modernizování technologických parků dostává čím dál většího uznání. Následně jsem se zmínil o různých typech systémů údržby, o jejich kladech a záporech. Poté jsem se věnoval konkrétní údržbě strojního zařízení a to z hlediska bezpečnosti při údržbě, diagnostiky při poruše, eliminace ztráty bezvadného stavu strojního zařízení s přenášením na výrobek a v poslední řadě z hlediska zrychlení údržbových a opravárenských činností.

Navíjecí linky jsou poměrně mladé, v provozu jsou od roku 2011 a pracují ve třísměnném provozu. Jak ale vyplývá i z jejich hodnocení, tyto zařízení si žádají obrovskou péči z hlediska údržby, aby zůstaly v bezvadném stavu a tedy, aby bylo možné i nadále na nich odvádět neklesající výkon. V budoucnu plánuji znovu prověření zatahování 4-pólových provedení na 2 zátahy, tentokrát ale se speciálně upravenými přípravky pro takovýto způsob zatahování.

Seznam použité literatury:

- [1] ŠAJDLEROVÁ, I. – KONEČNÝ, M.: *Projektový management*. VŠB-TU Ostrava 2007, 141s. ISBN 978-80-248-1686-9.
- [2] HANOS, M.: *Bakalářská práce – Návrh systému údržby vybraného objektu*. VŠB-TU Ostrava 2010, 57s.
- [3] VOŠTOVÁ, V. – HELEBRANT, F. – JEŘÁBEK, K.: *Provoz a údržba strojů – II.část Údržba strojů*. ČVUT Praha 2002, 122s. ISBN 80-01-02531-4.
- [4] HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost I Tribodiagnostika*. VŠB-TU Ostrava 2000, 156s.
- [5] KREIDL, M. – ŠMÍD, R.: *Technická diagnostika*. BEN – technická literatura, Praha 2006, 408s. ISBN 80-7300-158-6.
- [6] VDOLEČEK, F.: *Spolehlivost a technická diagnostika*, VUT Brno 2002, 49s.
- [7] ELMOTEC–STATOMAT GmbH: *Návod k obsluze stroje RWE 1A/200F1 a ZFM 4R-200, D-61184 Karben Německo* 2010, 211s.

Seznam příloh:

- [1] Příloha č. 1 – Vypracovaný formulář metody FMEA
- [2] Příloha č. 2 – Mazací plán
- [3] Příloha č. 3 – Seznam náhradních dílů